

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA: INGENIERÍA AMBIENTAL

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de: INGENIERAS
AMBIENTALES**

TEMA:

**ESTUDIO DE LOS SISTEMAS COMUNITARIOS DE AGUA POTABLE
EXISTENTES EN LA ZONA PESILLO-IMBABURA; ANÁLISIS DE LAS
FUENTES HÍDRICAS, MEDIDAS DE PROTECCIÓN E
INFRAESTRUCTURA UTILIZADA EN EL TRATAMIENTO DE AGUA
PARA CONSUMO HUMANO**

AUTORAS:

**CYNTHIA JOHANNA CHAMBA SOTO
VIVIANA JACQUELINE TOAPANTA ERAZO**

DIRECTOR:

RONNIE XAVIER LIZANO ACEVEDO

Quito, abril 2015

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotras, autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaramos que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de las autoras.

Quito, abril de 2015

Cynthia Johanna Chamba Soto

C.C. 172217459-4

Viviana Jacqueline Toapanta Erazo

C.C. 172371055-2

DEDICATORIA

Dedico esta tesis, a Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se me presentaban.

A mis padres: Elsa y Ángel, por sus amor, trabajo y sacrificio en todos estos años. Gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy, ha sido un privilegio ser su hija..... ¡SON LOS MEJORES PADRES!

A mi hermano, a quién agradezco la confianza depositada en mí y el apoyo que me brindo en esta gran aventura.

A mis amigos y compañeros por su sincera amistad.

Cynthia Johanna Chamba Soto

Dedico esta tesis a DIOS, por su infinito amor, por derramar sus bendiciones sobre mí y llenarme de fuerza para alcanzar todas las pequeñas metas, que hacen de mí una mejor persona.

A mis padres Rubén y Rosa, por su esfuerzo, sacrificio, comprensión y sobre todo por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

A mis hermanos y familiares, por sus palabras de aliento.

A mis amigos y compañeros, por compartir buenos y malos momentos.

¡Millón gracias!

Viviana Jacqueline Toapanta Erazo

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Politécnica Salesiana, en especial a la carrera de Ingeniería Ambiental, ya que a más de formar profesionales éticos, ha formado buenos ciudadanos.

A la línea de investigación del Manejo Sostenible e Integral del suelo y del agua perteneciente al Centro de Investigación en Modelamiento Ambiental (CIMA), quienes contribuyeron con la logística necesaria (materiales y movilización), para la ejecución del presente estudio.

A la Dra. Cecilia Barba, quien ha sido una guía y apoyo incondicional en nuestra formación humana y académica.

Al Ms. Ronnie Lizano, por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos y experiencia, ha aportado en el desarrollo de la presente investigación.

Finalmente y no menos importante, queremos agradecer a los dirigentes y operadores de las juntas de agua administradoras de agua potable, de las diferentes comunidades rurales que conforman el proyecto Pesillo-Imbabura, por facilitar la información necesaria para la elaboración del presente documento.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1.....	4
GENERALIDADES.....	4
1.1 Objetivos	4
1.1.1 Objetivo general	4
1.1.2 Objetivos específicos	4
1.2 Justificación.....	4
CAPÍTULO 2.....	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 Fuentes de agua	5
2.1.1 Fuente subterránea	5
2.1.2 Fuente superficial	5
2.2 Ecosistemas de las fuentes de agua	6
2.2.1 Bosque siempre verde del páramo	6
2.2.2 Arbustal siempre verde y herbazal del páramo	6
2.2.3 Arbustal siempre verde montano del norte de los Andes.....	7
2.2.4 Bosque siempre verde montano alto	7
2.2.5 Herbazal del páramo	8
2.2.6 Ecosistema intervenido	8
2.3 Cobertura vegetal	8
2.3.1 La formación vegetal arbórea.....	9
2.3.2 La formación vegetal arbustiva.....	9
2.3.3 La vegetación herbácea	9
2.4 Contaminación de las fuentes de agua	10
2.4.1 Formas puntuales	10
2.4.2 Formas no puntuales	10
2.5 Protección de las fuentes de agua.....	11
2.5.1 Importancia de la protección de fuentes.....	11
2.5.2 Medidas de protección de fuentes de agua.....	12
2.6 Abastecimiento de agua	12
2.7 Sistema convencional de agua potable.....	13
2.7.1 Tipos de sistemas de abastecimiento de agua potable	14
2.8 Componentes del sistema de abastecimiento de agua potable	16

2.8.1	Fuente de agua.....	17
2.8.2	Captación.....	17
2.8.3	Estación de bombeo	18
2.8.4	Conducción	18
2.8.5	Planta de tratamiento.....	20
2.8.6	Red de distribución	29
2.8.7	Conexiones domiciliarias	29
2.9	Operación y mantenimiento de sistemas de agua potable.....	30
2.9.1	Operador del sistema agua potable	30
2.9.2	Actividades de operación de los sistemas de agua potable	30
2.9.3	Actividades de mantenimiento de los sistemas de agua potable.....	31
2.10	Sistemas de información geográfica (SIG)	34
2.10.1	Aplicación de sistemas de información geográfica en estudios ambientales.....	35
2.10.2	Aplicación de los sistemas de información geográfica en sistemas de agua potable.....	35
2.10.3	Abastecimiento de agua en áreas rurales	35
2.11	Sostenibilidad.....	36
2.11.1	Sostenibilidad en los sistemas de agua potable rural	36
2.11.2	Indicador de sostenibilidad	37
CAPÍTULO 3.....		39
UBICACIÓN		39
3.1	Ubicación política-territorial.....	39
3.2	Ubicación geográfica	41
3.3	Caracterización de medio físico	41
3.3.1	Clima.....	41
3.3.2	Precipitación.....	42
3.3.3	Temperatura	42
3.3.4	Viento.....	42
3.3.5	Hidrografía	42
CAPÍTULO 4.....		43
MATERIALES Y MÉTODOS.....		43
4.1	Materiales	43
4.2	Métodos.....	43

4.2.1	Unidad de estudio.....	44
4.2.2	Hipótesis.....	45
4.2.3	Variables	45
CAPITULO 5.....		59
MANEJO ESPECÍFICO DE LA INVESTIGACIÓN.....		59
5.1	Validación de la fichas de campo.....	59
5.2	Fuentes hídricas.....	59
5.3	Infraestructura, unidades de tratamiento, y actividades de operación y mantenimiento de los sistemas comunitarios de agua potable.....	61
5.4	Cobertura de la distribución de agua potable	65
CAPÍTULO 6.....		67
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		67
6.1	Fuentes de agua	67
6.1.1	Análisis descriptivo de las fuentes de agua.....	67
6.1.2	Caracterización de la fuente de agua.....	78
6.1.3	Medidas de protección de las fuentes de agua	81
6.1.4	Gestión administrativa: acciones para la conservación de fuentes de agua	84
6.2	Sistemas comunitarios de agua potable (ScAP).....	86
6.2.1	Análisis descriptivo de la infraestructura de los ScAP	86
6.2.2	Estado de la infraestructura general de los ScAP.....	94
6.2.3	Categorización de los sistemas comunitarios de agua potable.....	96
6.2.4	Análisis descriptivo de las unidades de tratamiento.....	98
6.2.5	Categorización de la infraestructura utilizada en el tratamiento de agua...	109
6.2.6	Operación y mantenimiento	111
6.3	Cobertura de la distribución de los sistemas comunitarios de agua potable	112
6.4	Sostenibilidad de los sistemas comunitarios de agua potable (ScAP)	114
CONCLUSIONES.....		118
RECOMENDACIONES.....		121
LISTA DE REFERENCIAS		122
ANEXOS.....		126

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento.	15
<i>Figura 2.</i> Sistemas de abastecimiento por bombeo con tratamiento.	16
<i>Figura 3.</i> Procesos que integran la tecnología FiME.....	24
<i>Figura 4.</i> Delimitación político-administrativa del área de estudio en la zona Pesillo-Imbabura	40
<i>Figura 5.</i> Aplicación de la ficha de caracterización y medidas de protección.	61
<i>Figura 6.</i> Aplicación de la ficha de caracterización de la infraestructura, operación y mantenimiento.....	62
<i>Figura 7.</i> Aplicación ficha de infraestructura, operación y mantenimiento. ScAP de la junta regional Mojanda-Yanahurco.....	64
<i>Figura 8.</i> Aplicación ficha de infraestructura. ScAP de la junta regional Karabuela.	65
<i>Figura 9.</i> Identificación de las redes de agua potable.....	66
<i>Figura 10.</i> Tipo de fuente de agua.	68
<i>Figura 11.</i> Fuente de agua subterránea, junta San José Alto	68
<i>Figura 12.</i> Fuente de agua superficial, junta regional Ilumán	68
<i>Figura 13.</i> Ubicación de fuentes de agua.....	69
<i>Figura 14.</i> Contaminación de las fuentes de agua ScAP de la junta regional Eugenio Espejo.....	70
<i>Figura 15.</i> Ecosistema de las fuentes de agua.	71
<i>Figura 16.</i> Fuente de agua Ilumán Bajo. ScAP Ilumán	72
<i>Figura 17.</i> Cobertura vegetal dentro de la delimitación de la fuente.....	73
<i>Figura 18.</i> Tamaño de la vegetación dentro de la delimitación de la fuente	73
<i>Figura 19.</i> Vegetación dentro de la delimitación de la fuente. ScAP de la junta Caluquí.....	74
<i>Figura 20.</i> Cobertura vegetal del entorno de las fuentes de agua.	75
<i>Figura 21.</i> Especies exóticas, sembríos de pino y eualipto ScAP de la junta San José Alto.....	76
<i>Figura 22.</i> Contaminantes encontrados en las fuentes de agua.	76
<i>Figura 23.</i> Presencia de contaminantes orgánicos en las fuentes de agua. ScAP de la junta Ugsha.....	77
<i>Figura 24.</i> Abastecimiento de agua en época de verano	77

<i>Figura 25. Desabastecimiento de agua. ScAP de la junta Antonio Ante</i>	<i>78</i>
<i>Figura 26. Categorización del tipo de fuentes de agua.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 27. Fuente de agua del ScAP San José Alto</i>	<i>81</i>
<i>Figura 28. Fuente de agua del ScAP Ilumán</i>	<i>81</i>
<i>Figura 29. Medidas de protección de las fuentes de agua</i>	<i>82</i>
<i>Figura 30. Cercado de las fuentes de agua. ScAP Caluquí</i>	<i>82</i>
<i>Figura 31. Cortafuegos del páramo. ScAP San José Alto</i>	<i>83</i>
<i>Figura 32. Categorización de las medidas de protección de las fuentes de agua. ...</i>	<i>84</i>
<i>Figura 33. Acciones administrativas para la protección y conservación de fuentes de agua</i>	<i>85</i>
<i>Figura 34. Categorización de las acciones administrativas para la protección y conservación de las fuentes de agua.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 35. Tipos de sistemas de abastecimiento de agua potable</i>	<i>87</i>
<i>Figura 36. Sistema de bombeo. ScAP Sumak-Yaku</i>	<i>88</i>
<i>Figura 37. Tanques de almacenamiento. ScAP Sumak-Yaku</i>	<i>88</i>
<i>Figura 38. Fuente de agua Mojanda. ScAP de la junta regional Eugenio Espejo ..</i>	<i>88</i>
<i>Figura 39. Planta de tratamiento. ScAP de la junta regional Eugenio Espejo.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 40. Componentes de los sistemas comunitarios de agua potable.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 41. Captación de superficial de agua de la laguna Mojanda. ScAP de la junta regional Eugenio Espejo</i>	<i>90</i>
<i>Figura 42. Captación de agua superficial. Obra de del ScAP de la junta Caluquí .</i>	<i>91</i>
<i>Figura 43. Tipo de tubería utilizada para la conducción de agua desde las captaciones a los usuarios</i>	<i>92</i>
<i>Figura 44. Caracterización del estado de la infraestructura de los ScAP</i>	<i>95</i>
<i>Figura 45. Estado de la infraestructura de ScAP San Joaquín</i>	<i>95</i>
<i>Figura 46. Operador del ScAP Ilumán</i>	<i>96</i>
<i>Figura 47. Categorización del tipo de infraestructura de los sistemas comunitarios de agua potable.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 48. Sub utilización de las unidades de tratamiento: comparación de la disponibilidad de las unidades versus su uso</i>	<i>100</i>
<i>Figura 49. Planta de tratamiento del ScAP de la junta Caluquí</i>	<i>102</i>
<i>Figura 50. Procesos de tratamiento de agua</i>	<i>103</i>
<i>Figura 51. Pre filtro del ScAP de la junta Ilumán</i>	<i>104</i>
<i>Figura 52. Filtros lentos circulares del ScAP de la junta Loma Gorda</i>	<i>106</i>

<i>Figura 53.</i> Pastillas de cloro utilizadas para la desinfección. ScAP de la junta Eugenio Espejo.....	107
<i>Figura 54.</i> Dosificador de cloro PROVITAB 3. ScAP de la junta Ilumán.....	108
<i>Figura 55.</i> Estado de las unidades de tratamiento	109
<i>Figura 56.</i> Categorización del tipo de unidades de tratamiento	111
<i>Figura 57.</i> Actividades de operación y mantenimiento ejecutadas por los operadores	111
<i>Figura 58.</i> Niveles de sostenibilidad de los ScAP.....	113
<i>Figura 59.</i> Niveles de sostenibilidad de los sistemas comunitarios de agua potable.....	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Componentes de los sistemas convencionales de agua potable</i>	16
Tabla 2. <i>Unidades y procesos de tratamiento de agua potable</i>	20
Tabla 3. <i>Actividades de mantenimiento en cada uno de los componentes de los sistemas de agua potable</i>	31
Tabla 4. <i>Delimitación político administrativa del área de estudio</i>	39
Tabla 5. <i>Sistemas comunitarios de agua potable</i>	44
Tabla 6. <i>Categorización de las fuentes de agua</i>	49
Tabla 7. <i>Categorización de los ScAP acorde a las medidas de protección de las fuentes de agua</i>	50
Tabla 8. <i>Categorización de la gestión administrativa de los ScAP para la protección y conservación de fuentes</i>	51
Tabla 9. <i>Categorización de la infraestructura de los ScAP</i>	52
Tabla 10. <i>Indicador del estado de cada componente de los ScAP</i>	53
Tabla 11. <i>Categorización del estado de infraestructura ScAP</i>	54
Tabla 12. <i>Categorización de la infraestructura ScAP</i>	55
Tabla 13. <i>Categorización de las actividades de operación y mantenimiento de los ScAP</i>	56
Tabla 14. <i>Indicadores de sostenibilidad</i>	57
Tabla 15. <i>Niveles de sostenibilidad</i>	58
Tabla 16. <i>Categorización de las fuentes de agua de los ScAP</i>	79
Tabla 17. <i>Descripción de la captación de los ScAP</i>	90
Tabla 18. <i>Descripción de la planta de tratamiento</i>	93
Tabla 19. <i>Descripción de las conexiones domiciliarias</i>	94
Tabla 20. <i>Categorización del tipo de infraestructura de los ScAP</i>	97
Tabla 21. <i>Unidades de tratamiento de un sistema comunitario de agua potable</i>	99
Tabla 22. <i>Descripción del material de construcción de las unidades de tratamiento</i>	101
Tabla 23. <i>Descripción del proceso de pre filtración</i>	104
Tabla 24. <i>Tipo de sedimentación</i>	105
Tabla 25. <i>Tipo de filtración</i>	105
Tabla 26. <i>Compuesto utilizado para el proceso de desinfección</i>	107
Tabla 27. <i>Tipo de sistema dosificador de cloro</i>	108

Tabla 28. <i>Categorización del tipo de unidades de tratamiento</i>	110
Tabla 29. <i>Actividades de operación y mantenimiento realizadas con mayor frecuencia en el ScAP</i>	112
Tabla 30. <i>Evaluación de los niveles de sostenibilidad de los ScAP</i>	115

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha de caracterización y medidas de protección de las fuentes hídricas.....	126
Anexo 2. Caracterización de la infraestructura, operación y mantenimiento de los sistemas comunitarios de agua potable.....	129
Anexo 3. Ficha de georeferenciación del ScAP.....	135
Anexo 4. Tabla de identificación de las fuentes de los ScAP.....	136
Anexo 5. Listado de especies nativas y exóticas encontradas en las fuentes de los ScAP.....	137
Anexo 6. Registro fotográfico de las especies nativas encontradas en las fuentes de los ScAP.....	138
Anexo 7. Tabla de tipo de red, tubería y diámetro (mm) de los ScAP.....	141
Anexo 8. Evaluación del estado de la infraestructura del ScAP.....	143
Anexo 9. Evaluación del estado de la infraestructura de las unidades de tratamiento de los ScAP.....	145
Anexo 10. Mapa de ubicación de las fuentes de agua en los ecosistemas de la zona Pesillo-Imbabura.....	147
Anexo 11. Mapa de ubicación de los ScAP en la zona Pesillo-Imbabura.....	148
Anexo 12. Mapa de la cobertura de la distribución de los ScAP en la zona Pesillo-Imbabura.....	149
Anexo 13. Mapa de los niveles de sostenibilidad de los ScAP.....	150

RESUMEN

El presente estudio, se realizó en 18 sistemas comunitarios de agua potable de la zona del proyecto Pesillo –Imbabura. La ejecución del mismo, se llevó a cabo con el apoyo del Centro de Investigación en Modelamiento Ambiental (CIMA) de la Universidad Politécnica Salesiana, a través de la línea de investigación de Manejo Sostenible e Integral del suelo y agua.

Los 18 Sistemas comunitarios de Agua Potable (ScAP), se encuentran en 12 parroquias rurales: Tupigachi, Tabacundo, Eugenio Espejo, Gonzales Suarez, San Juan de Ilumán, Otavalo, San Pablo, Dr. Miguel Egas Cabezas, San Rafael, San Roque, La Esperanza y Angochagua, pertenecientes a los cantones Pedro Moncayo, Otavalo, Antonio Ante e Ibarra, ubicados en las provincias de Imbabura y Pichincha.

El objetivo principal de la investigación fue: Estudiar las fuentes hídricas, medidas de protección e infraestructura, que conforman los distintos sistemas comunitarios de agua potable en la zona Pesillo-Imbabura, para cumplir con dicho objetivo se aplicó una metodología basada en dos fases de campo y una de gabinete.

Resultado de la identificación y análisis de las fuentes hídricas, se determinó que el 50% de las fuentes investigadas son categoría A, ya que son fuentes provenientes de aguas subterráneas o de manantiales, se localizan en páramos dentro de ecosistemas de alta montaña, tienen una buena cobertura vegetal tanto en las captaciones de agua, como al entorno y lugares de escurrimiento, además el caudal recolectado permite abastecer a la comunidad en época de verano, por ende están en buenas condiciones; el 39% y 11% restante son categoría B y C respectivamente, puesto que son fuentes que no cumplen con los criterios establecidos para ser consideradas de buena calidad.

Resultado del análisis de las medidas de protección, se determinó que el 28% de los sistemas comunitarios de agua potable, tienen buenas medidas de protección, ya que realizan la mayor parte de actividades de protección como el cercado, cortafuegos, mingas de limpieza, reforestación y tienen delimitada una superficie protegida que evita el crecimiento agrícola y ganadero; mientras que el 72% restante realiza algunas de estas actividades.

Resultado de la categorización del tipo de infraestructura de los sistemas de agua potable, se determinó que el 67% de los sistemas comunitarios de agua potable estudiados son categoría A, es decir, son sistemas que cuentan con todos los componentes requeridos para el buen funcionamiento, están contruidos con el material idóneo, cuentan con una planta de tratamiento, mantienen su infraestructura en buen estado, lo cual evidencia la práctica continua de las actividades de mantenimiento; el 28% de los sistemas comunitarios son categoría B, C o D puesto que la infraestructura no presenta las condiciones requeridas para brindar agua de calidad a los usuarios.

Los objetivos planteados en el estudio se los desarrolló desde un enfoque de sostenibilidad; esto quiere decir, desde el ámbito económico (desde el punto de vista de inversión en infraestructura y mantenimiento), ambiental y social. Como resultado de dicho análisis, se determinó que solo el 39% de los 18 sistemas estudiados son sostenibles y el porcentaje restante de sistemas son sistemas en proceso de deterioro o grave proceso de deterioro.

ABSTRACT

The present study was conducted in 18 community water systems in the project area Pesillo -Imbabura. The execution was carried out with support from the Centre for Research in Environmental Modelling (CIMA) of the Salesian Polytechnic University, through the soil and water integrated management and sustainability research line.

The 18 Community Water Systems (ScAP), are found in 12 rural parishes: Tupigachi, Tabacundo, Eugenio Espejo, Gonzales Suarez, San Juan de Ilumán, Otavalo, San Pablo, Dr. Miguel Egas Cabezas, San Rafael, San Roque, La Esperanza and Angochagua, these places belongs to the cantons of Pedro Moncayo, Otavalo, Ibarra and Antonio Ante, located at Imbabura and Pichincha provinces.

The main objective of the research was: To study the water sources, protection aspects and infrastructure of the water sources, located at Pesillo-Imbabura area, to meet this objective it was applied a methodology in two field phases and a cabinet phase.

As a result of the identification and analysis of the water sources, was concluded that 50% of the water sources researched are category A, because this water comes from the groundwater or springs, also are located in moorlands inside highlands ecosystems. Additionally, this A category has a good vegetation coverage at the point of water uptake, including surroundings and places of runoff. The water flow collected, allows to provide water to the community in the summer time, it means good conditions. The remaining 39% and 11%, are B and C categories respectively, because they are sources that do not meet the criteria to be considered of good quality.

Result of the analysis of the protective measures, determined that 28% of community water systems have good protection measures, such as fencing, firewalls, clean ups, reforestation and have a protected defined surface that prevents the agricultural and lives tocks growth; while the remaining 72% do some of those activities.

Results of the categorization of the state of the general infrastructure of community drinking water systems, it was determined that only 17% of these systems, maintain their infrastructure in good conditions, and performs activities in order to do some

maintenance regularly, the components system were found painted and the observation is that there is no deterioration; 61% of the systems are in fair condition, either because its components do not receive an ongoing maintenance or partial observation of the deterioration of the infrastructure; and the remaining 22% of community water systems are in poor conditions and deteriorating of the infrastructure is evident.

Results of the categorization of infrastructure type of water systems supply, it was determined that 67% of community systems studied drinking water are category A, should we say that the systems with all components required for proper functioning, are constructed with suitable material, have a treatment plant, maintain their infrastructure in good condition, which demonstrates the continued practice of maintenance activities; 28% of community systems are category B, C or D because the infrastructure does not have the qualifications required to provide quality water users.

The results of the objectives outlined in the study, helped to analyse the levels of sustainability from an economic (from the point of view of infrastructure investment and maintenance), environmental and social perspective. The result of this analysis, concluded that only 39% of the 18 systems studied are sustainable and the remaining percentage of systems are systems that are deteriorating or severe deterioration process.

INTRODUCCIÓN

La población de América Latina y el Caribe, que reside en el sector rural supera los 120 millones de habitantes, cerca de la mitad de la población que vive en áreas rurales no tiene acceso a servicios de saneamiento mejorado y aproximadamente un 20% no tiene acceso a servicios mejorados de agua y el 45% no tiene acceso a servicios de saneamiento, sin considerar la calidad y continuidad de los servicios (Pearce-Oroz, 2011, pág. 5).

En el estudio realizado por el Banco Mundial en Bolivia y Perú, se evidencia que los servicios de agua potable en áreas rurales, si bien cubren sus costos de operación y mantenimiento, no son financieramente sostenibles en un mediano plazo, y requerirán inyectar nuevamente capital para reemplazar la infraestructura actual o ampliar. Se requiere entonces, resaltar los esfuerzos de las instancias institucionales y financiera del sector para mejorar la sostenibilidad de los servicios de agua y saneamiento de calidad en el área rural de América Latina (Pearce-Oroz, 2011, pág. 7).

“Sin embargo para Glenn Pearce-Oroz, construir una mirada regional para el tema de agua y saneamiento rural no es fácil, considerando la heterogeneidad latinoamericana, con diferentes niveles de ruralidad, fortaleza institucional, sistema gubernamental, y costumbres étnicas” (Pearce-Oroz, 2011, pág. 10).

Frente a la problemática que se vive a nivel continental sobre la falta de abastecimiento de agua en zonas rurales. Los autores Fernández & Buitrón, en el II Informe Nacional de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, ODM del 2006, el Ecuador, muestran que el acceso urbano al agua entubada por red pública dentro de la vivienda alcanzaba valores del 66% frente al 14% del rural; es decir, que existía una diferencia urbano-rural de 52 puntos, frente a un promedio nacional del 48% (Fernández & Buitrón C., 2011, pág. 2).

En el VII y VI Censo de Población de Vivienda que se llevó a cabo en el Ecuador en el año 2010, los datos que se obtuvieron para la cobertura de agua en el área urbana alcanzaría el 66,5% y en el área rural el 42,5%; mientras que el 51,3% de las viviendas a nivel nacional estarían conectadas a la red pública de alcantarillado, cifra

que llegaría al 65% en el área urbana y al 14,2% en el área rural, por lo que se realizó una comparación con los datos obtenidos en el 2001 en el cual se evidencio una mejora en la cobertura de agua potable de 6,5 puntos a nivel nacional y de 5,4 puntos en el área urbana (Fernández & Buitrón C., 2011, pág. 2).

A pesar de los avances en el Ecuador, los autores Fernández & Buitrón, explican que durante casi una década, no se han presentado cambios significativos en el caso del agua, aún existe un déficit de 41,4% de viviendas sin cobertura de agua a nivel nacional, problema que es más agudo en el área rural en el cual el déficit se ubicaría en el 57,5% (Fernández & Buitrón C., 2011, pág. 3).

Para la provincia de Imbabura, casi el 64% de las viviendas disponen del servicio de agua potable, siendo los cantones con mejor abastecimiento de agua Ibarra y Antonio Ante (76% y 69% respectivamente), a estos le siguen Urcuquí y Otavalo (55% y 53%), y los más perjudicados son Pimampiro y Cotacachi (43% y 37%) (Fernández Á. , 2013, pág. 15).

Según Ángel Fernández, a pesar de los esfuerzos permanentes de los gobiernos locales, entidades estatales y otras organizaciones, la cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento básico, no logran cubrir la demanda existente, sobre todo en el sector rural, debido fundamentalmente a la dispersión poblacional (Fernández Á. , 2013, pág. 16).

De acuerdo al autor Ángel Fernández, los sistemas de agua de la provincia Imbabura abastecen a un 80% de población rural; sin embargo, ésta no es considerada “agua potable” o apta para el consumo humano, sino que son aguas recogidas de vertientes, ríos o quebradas conducidas sin ningún tratamiento hacia los centros poblados (Fernández Á. , 2013, pág. 16).

A raíz de esta problemática del déficit de agua en poblaciones rurales, la Subsecretaría de Servicios de Agua Potable y Saneamiento, ha concebido el Proyecto Regional de Agua Potable Pesillo-Imbabura, con el objetivo de atender a la gran demanda de las comunidades rurales del sector y lograr servicios continuos con agua

de calidad, adecuada para el consumo humano, que mejoren las condiciones de salud y el nivel de vida de la población (MIDUVI, 2006, pág. 1).

El proyecto consta de dos componentes: la creación del sistema regional de agua potable Pesillo-Imbabura y la rehabilitación y mejoramiento de 52 sistemas de agua potable rural que benefician a más de 150 comunidades, localizadas en las provincias de Imbabura y Pichincha (MIDUVI, 2006, pág. 1).

En este contexto, la Universidad Politécnica Salesiana (UPS) a través del Centro de Investigación y Modelación Ambiental (CIMA), propuso el proyecto de investigación: “Calidad y disponibilidad del agua de consumo humano bajo la gestión social del consejo de juntas del proyecto Pesillo-Imbabura”. El proyecto ha incluido a docentes-investigadores, técnicos y estudiantes, con el propósito de recabar información (primaria y secundaria) y a través del análisis de la realidad poder aportar con soluciones y recomendaciones en la gestión del agua potable en las comunidades de influencia del proyecto.

La presente investigación tiene como propósito estudiar las fuentes hídricas, medidas de protección e infraestructura, que conforman los distintos sistemas comunitarios de agua potable en la zona Pesillo-Imbabura, con el fin de aportar con información técnica, que impulse la gestión sostenible de las fuentes hídricas y sistemas de agua potable de las comunidades locales.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Estudiar las fuentes hídricas, medidas de protección e infraestructura, que conforman los distintos sistemas comunitarios de agua potable en la zona Pesillo-Imbabura.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar y analizar las fuentes de abastecimiento de agua y las medidas de protección existentes en la zona Pesillo-Imbabura.
- Caracterizar el estado y tipo de infraestructura utilizada en el tratamiento del agua para consumo humano.
- Identificar la cobertura de la distribución del agua para consumo humano, por sistemas comunitarios; con ayuda de ortofotos y sistemas de información geográfica.

1.2 Justificación

En las comunidades rurales de la zona del proyecto Pesillo-Imbabura es evidente el déficit de cobertura de distribución agua potable; los sistemas comunitarios de agua existentes no logran cubrir la creciente demanda de usuarios, ya sea por la disminución de los caudales de las fuentes hídricas, o por la carencia y deterioro de la infraestructura de los sistemas.

En este contexto, el presente trabajo busca generar información técnica con un enfoque analítico, estructurado y formal sobre los sistemas comunitarios de agua potable que abastecen a las comunidades rurales de la zona Pesillo-Imbabura, a través de un análisis de las fuentes hídricas, medidas de protección e infraestructura utilizada para el tratamiento de agua destinada a consumo humano.

El contar con información técnica y confiable de los sistemas comunitarios de agua potable permitirá a los gobiernos locales, dirigentes y demás interesados proyectar, en el mediano y largo plazo, las alternativas para superar el déficit de cobertura y mejorar las condiciones de prestación del servicio de agua potable a las comunidades rurales.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Fuentes de agua

Los páramos por su capacidad de retención de agua, constituyen una de las principales fuentes de agua para las poblaciones rurales localizadas en las faldas de los Andes. En la mayoría de las poblaciones rurales, existen dos tipos de fuentes de agua: superficial y subterránea.

Según Roger Agüero, las fuentes de agua constituyen el elemento primordial para la elaboración de proyectos de abastecimiento de agua potable, por lo tanto es necesario definir su ubicación, tipo, cantidad y calidad (Agüero, 2003, pág. 27).

Se puede constatar dos tipos de fuentes de abastecimiento de agua:

- Fuentes subterráneas
- Fuentes superficiales

2.1.1 Fuente subterránea

Las fuentes subterráneas se forman como parte del ciclo hidrológico, ya que cierto porcentaje de la precipitación en la cuenca se infiltra en el suelo hasta la zona de saturación, formando las aguas subterráneas. Los puntos de la corteza terrestre por donde aflora el agua subterránea son los manantiales; este tipo de fuente es captada por medio de galerías filtrantes y pozos (Agüero, 2003, pág. 28).

Las fuentes subterráneas, generalmente están sobrecargadas de sales y son de mejor calidad bacteriológica por haber sido sometida a procesos de filtración natural a través de las capas del terreno; por ende este tipo de fuente, es el suministro de agua idóneo para las comunidades rurales.

2.1.2 Fuente superficial

Según Álvaro Sánchez, el agua de la precipitación que no se infiltra en el suelo o que regresa a la atmósfera conoce como fuente superficial, por lo tanto es el agua dulce que se encuentra sobre la superficie del planeta tierra en forma de ríos, lagos, pantanos, rebalses o depósitos artificiales (Sánchez Bravo, 2006, pág. 182).

El autor Roger Agüero, explica que las aguas superficiales están compuestas por arroyos, ríos, lagos, etc., que circulan naturalmente en la superficie terrestre, estas fuentes no son tan deseables, especialmente si existen zonas habitadas o de pastoreo animal aguas arriba (Agüero, 2003, pág. 27).

2.2 Ecosistemas de las fuentes de agua

Las fuentes de abastecimiento de agua, generalmente se encuentran en los ecosistemas de páramo; mismos que se distribuyen en los bosques de las cordilleras oriental y occidental de los Andes sobre los 3700 y 3400 msnm respectivamente. Se calcula que los ecosistemas de este sector ocupan un área total de 14876 km², el número de especies y su cobertura decrece rápidamente con la altitud y pocas especies alcanzan la línea de nieve (4800-4900 m) (Acosta-Solis; Hofstede, 2013, pág. 131).

El Ministerio del Ambiente de Ecuador a través del Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental junta las experiencias de clasificaciones anteriores con insumos generados a mayor detalle de información florística y ambiental, para establecer un sistema jerárquico que a través de análisis inductivos y estadísticos identifica, clasifica y delimita los ecosistemas del Ecuador. En este sentido las clases de ecosistemas de la zona de estudio se describen en los siguientes párrafos.

2.2.1 Bosque siempre verde del páramo

Son bosques densos con alturas entre 5 y 7 m, que por efectos de las condiciones climáticas crecen de forma torcida y ramificada. Este tipo de ecosistema se encuentra en formas de parches y vegetación herbácea o arbustiva. Estos parches tienden a ocurrir en sitios menos expuestos al viento como laderas abruptas, fondo de los valles glaciares o en la base de grandes bloques de rocas de los circos glaciares.

2.2.2 Arbustal siempre verde y herbazal del páramo

El ecosistema arbustal siempre verde y herbazal del páramo se caracteriza por tener arbustales de hasta 3m de altura, mezclados con pajonales de 1,20m. La composición y estructura cambia hacia la parte baja, pues la riqueza de especies y promedio de altura de los arbustos y el número de arbolitos se incrementa, se caracteriza por la presencia de *Calamagrostis* spp., y especies arbustivas de los géneros *Baccharis*,

Gynoxys, Brachyotum, Escallonia, Hesperomeles, Miconia, Buddleja, Monnina e Hypericum (Báez, Josse, & Medina , 2013, pág. 135).

2.2.3 Arbustal siempre verde montano del norte de los Andes

Este ecosistemas se ubica en el piso bioclimático montano a una altura de 2000 a 3100 msnm.

Es un ecosistema discontinuo ubicado en quebradas y áreas de difícil acceso con pendientes de hasta 60°. Se encuentra en las vertientes internas y laderas occidentales montañosas húmedas de la cordillera de los Andes. Se caracteriza por ¹estar compuesta de vegetación sucesional, donde los bosques montanos han sido sustituidos por cultivos entre los cuales quedan estos remanentes formados por una vegetación arbustiva alta de dosel muy abierto de aproximadamente 5 m y sotobosque arbustivo hasta 2 m, compuesta de un conjunto característico de especies andinas, entre ellas algunas espinosas. Las especies florísticas diagnosticadas son: Arcytophyllum nitidum, Barnadesia arborea, Bocconia integrifolia, Berberis grandiflora, B. hallii, Cavendishiabracteata, Cestrum tomentosum, Coriariaruscifolia, Duranta triacantha, Escalloniamicrantha, Gaultheria alnifolia, Mimosaquitensis, Solanum crinitipes, S. nigrescens, Hesperomeles ferruginea, H. obtusifolia, Oreopanax andreanus, O. ecuadorensis, Symplocos carmentis, S. quitensis, Valleastipularis (MAE, 2013, pág. 77).

2.2.4 Bosque siempre verde montano alto

Este tipo de ecosistemas se ubica a 3100-3600 msnm dentro del piso bioclimático montano alto. Los bosques siempre verdes están caracterizados por presentar un dosel bajo entre 15 y 20 m, el sotobosque es denso con abundantes herbáceas, epífitas y briofitas que cubren el suelo, ramas y fustes. En estos bosques la diversidad de briofitas es mayor que en los bosques montanos; mientras, que la diversidad de epífitas vasculares disminuye. Los suelos en estos bosques son menos fértiles debido a la baja tasa de descomposición de la materia orgánica y tiende a estar cubierto por

¹ msnm= Metros sobre el nivel del mar

una densa capa de musgo. Adicionalmente, los árboles crecen irregularmente con troncos ramificados e inclinados, esto se debe a que el metabolismo de los árboles está limitado por las temperaturas (MAE, 2013, pág. 90).

En el bosque siempre verde montano alto de Cordillera Occidental de los Andes se puede encontrar especies como: *Aegiphila monticola*, *Clethra revoluta*, *C. fimbriata*, *Clusia flaviflora*, *Desfontainia spinosa*, *Escallonia myrtilloides*, *Freziera canescens*, *Gaiadendron punctatum*, *Hesperomeles ferruginea*, *H. obtusifolia*, *Miconia andina*, *M. corymbosa*, *M. pustulata*, *M. theaezans*, *Morella pubescens*, *Myrsine dependens*, *Oreopanax ecuadorensis*, *Persea brevipes*, *Roupala pachypoda*, *Schefflera sodiroi*, *Symplocos carmencitae*, *S. quitensis*, *Vallea stipularis*, *Viburnum triphyllum*, *Weinmannia latifolia*, *W. pinnata*, *Aristeguietia glutinosa*, *Badilloa salicina*, *Berberis halli*, *Boehmeria celtidifolia*, *Citharexylum ilicifolium*, *Clematis haenkeana* (MAE, 2013, pág. 90).

2.2.5 Herbazal del páramo

Este ecosistema abarca la mayor extensión de ecosistemas de montaña, formado por gramíneas mayores a 50 cm de altura; se localiza sobre los 3400 msnm, presentan suelos andosoles, rico en materia orgánica que puede alcanzar los 60 kg-carbono/m², contiene una gran cantidad de agua por unidad de volumen (80-90% por cm³). Este ecosistema está caracterizado por tener una dominancia de los géneros *Calamagrostis*, *Agrostis*, *Festuca*, *Cortaderia* y *Stipa*, junto con parches de arbustos de los géneros *Diplostegium*, *Hypericum* y *Pentacalia* y una abundante diversidad de hierbas en roset y rastreras (Salgado S., y otros, 2013, pág. 140).

2.2.6 Ecosistema intervenido

Se conoce ecosistema intervenido, aquellos espacios naturales que han sido transformados por acción del ser humano, para satisfacer la necesidad de alimento, asentamiento, explotación industrial y comercial.

2.3 Cobertura vegetal

El Instituto Geográfico Nacional de España (IGN), define a la cobertura vegetal como la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo

una amplia gama de biomásas con diferentes características fisonómicas y ambientales que van desde pastizales hasta áreas cubiertas por bosques naturales, así mismo se incluyen la cobertura vegetal inducidas por la acción humana como son las áreas de cultivos (IGN, 2012, pág. 1).

La vegetación incluida en ecosistemas de alta montaña no es uniforme, comprende un conjunto de formaciones vegetales diferentes como: la formación vegetal arbórea, arbustiva y herbácea.

2.3.1 La formación vegetal arbórea

“La vegetación arbórea está integrada por especies propias de la zona, con un alto porcentaje de mezcla de especies forestales” (GADs Cangahua, 2012, pág. 46).

2.3.2 La formación vegetal arbustiva

Los arbustos de páramo (con hojas pequeñas y gruesas), son generalmente plantas tolerantes al frío y a la sequía: todas sus estructuras aéreas están muy expuestas a las variaciones térmicas. El polylepis es una especie característica de este tipo de vegetación (Llambí, y otros, 2012, pág. 46).

2.3.3 La vegetación herbácea

“Este tipo de vegetación de alta montaña está constituido por pajonales y almohadillas, evidenciando temperaturas menores a los 5 °C por lo que son resistente a vientos y heladas” (GADs Cangahua, 2012 pág. 46).

Entre este tipo de vegetación herbácea se destacan:

2.3.3.1 Pajonal (*gramíneas*)

Este tipo de vegetación se adapta con facilidad al clima de alta montaña. Las hojas muertas permanecen en la planta por largo tiempo, permitiéndoles recuperar parte de los nutrientes invertidos en ellas y confiriéndoles protección a las hojas vivas y a las zonas de crecimiento. Ejemplo de este tipo de vegetación son las especies de género Calamagrostis, Cortaderia, Festuca (Llambí et al. 2012, pág. 49).

2.3.3.2 Hierbas de páramo

Las hierbas del páramo son extremadamente diversas en especies y formas de crecimiento y le dan un impresionante color con sus flores, que generalmente aparecen en época húmeda. Algunas son anuales y otra perennes. Ejemplo de este

tipo de vegetación son las especies de género *Lupinus*, *Calceolaria* y *Cenecio* (Llambí et al. 2012, pág. 50).

2.3.3.3 Almohadilla

Los cojines o almohadillas tienen alta capacidad de agua y nutrientes, en suelos poco desarrollados. La superficie de los cojines es compacta y lisa; solo las hojas superficiales están vivas. Por debajo de ellas, como un relleno, se acumulan hojas muertas en diferentes estados de descomposición lo cual otorga solides a toda la estructura (Llambí, et al., 2012, pág. 50).

2.3.3.4 Rosetas

Las rosetas carecen de tallo o lo tienen enterradas en el suelo y son perennes. Su distribución ecológica es mas amplia en las zonas muy frías y tienden a ser muy abundantes en los paramos mas altos y en las zonas de humedales y pantanos (Llambí et al. 2012, pág. 48).

2.4 Contaminación de las fuentes de agua

Uno de los principales problemas de la contaminación de las fuentes de agua es el deterioro progresivo de la calidad, lo cual provoca el aumento de los requerimientos de tratamiento y en algunos casos imposibilita su uso para consumo doméstico. La contaminación del agua se puede producir de formas puntuales y no puntuales formas.

2.4.1 Formas puntuales

Son las descargas en puntos definidos, los efluentes industriales pueden contener cantidades razonables de contaminantes que afectan la calidad de agua en las fuentes de agua, no solo las zonas industriales y las grandes urbes son las que sufren de contaminación (Lampoglia, Agüero, & Barrios, 2008, pág. 11).

2.4.2 Formas no puntuales

La contaminación difusa es la que está asociada a fuentes no puntuales, este tipo de contaminación es transportada por la lluvia, por el deshielo, o por movilidad en el suelo. A medida que la lluvia cae, acarrea contaminantes naturales o producidos por el hombre, presentes en el aire o en el suelo, que son finalmente conducidos a los cuerpos de agua. Tales contaminantes pueden ser: exceso de fertilizantes, herbicidas e insecticidas, provenientes de usos agrícolas o domésticos, sedimentos provenientes

de construcciones, zonas agrícolas o erosión., materia orgánica y microorganismos provenientes de zonas de ganadería (Lampoglia et al. 2008, pág. 11).

2.5 Protección de las fuentes de agua

Las comunidades rurales, se abastecen del agua superficial que se encuentran en formas de ríos, arroyos, lagos y estanques y del agua subterránea que se encuentra en forma de vertientes o pozos. Es fundamental que el estado, gobiernos autónomos descentralizados y comunidades contemplen acciones conjuntas para salvaguardar y proteger las fuentes hídricas.

En la ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua, en el capítulo I Art.12.- Se manifiesta lo siguiente: el Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos así como la participación en el uso y administración de las fuentes de aguas que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del Agua (Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua, 2014, pág. 6).

2.5.1 Importancia de la protección de fuentes

Las fuentes hídricas que alimentan a los sistemas de agua se encuentran en ecosistemas de alta montaña. Según el autor Lincango, las fuentes de abastecimiento de agua de consumo humano están siendo afectadas por actividades antropicas como: el incremento de la frontera agrícola, pastoreo, quemas incontroladas, deforestación, utilización de pesticidas y fertilizantes en las actividades de cultivo (León, 2013, pág. 26).

El desarrollo de las actividades antrópicas en conjunto han ocasionado graves consecuencias como:

- Disminución considerable de extensiones de páramo y bosque andino.
- Pérdida de la capacidad de retención hídrica del páramo.
- Disminución de la concentración de carbono en el suelo.
- Contaminación por fertilizantes, pesticidas, bacterias, nutrientes, patógenos, heces.
- Afectación de hábitats, disminución severa de poblaciones de biodiversidad y afectación de interacciones ecológica, entre otras.

Todas estas razones, han creado la necesidad de llegar a diferentes acuerdos con las organizaciones comunales, propietarios particulares, instituciones y autoridades sectoriales; directamente relacionados con la protección de los recursos naturales de las cuencas hidrográficas. Dichos acuerdos deberán estar enfocados en proteger las fuentes, para que la población goce de agua disponible durante todo el año, en mayor cantidad y de mejor calidad (AMCO, 2007, pág. 1).

2.5.2 Medidas de protección de fuentes de agua

Para el autor Saavedra, las acciones más importantes para la protección y conservación de las fuentes de agua y de las zonas aledañas son: crear prácticas en el área de captación de la fuente (microcuencas), con el propósito de aumentar la filtración del agua en el suelo y recargar las fuentes subterráneas (capa freática); crear prácticas en la fuente de agua (afloramiento o naciente), con el objetivo de mejorar la captación y almacenamiento de agua y eliminar la contaminación local (Saavedra, 2009, pág. 11).

Una vez establecidas acciones, las principales medidas que se debe realizar para conservar y proteger las fuentes de agua son:

- Realizar reforestaciones en las zonas alrededor de las fuentes de agua y en las laderas.
- Promover la regeneración del entorno natural (cobertura arbórea, arbustiva o pastizales).
- Planificar el uso adecuado de las parcelas promoviendo la agricultura ecológica (abonos de estiércol y prácticas culturales) y evitando, en lo posible, el uso de fungicidas, herbicidas y fertilizantes químicos.
- Controlar, y sancionar si corresponde, la quema no planificada o que no haya sido acordada en la comunidad.
- Declarar “zonas protegidas” a las áreas donde se produce el agua en el ámbito municipal y/o comunal.
- Colocar cortafuegos en las zonas susceptibles de sufrir de incendios forestales.

2.6 Abastecimiento de agua

El abastecimiento del agua consiste en el suministro en forma individual o colectiva de agua, requerida para satisfacer las necesidades de las personas que integran una

localidad, evitando que puedan afectarse en su salud. Con el objetivo de mantener las condiciones de salubridad, el caudal de agua dependiendo de la fuente de abastecimiento, recibe un proceso de saneamiento y desinfección. Las poblaciones rurales se abastecen a través de diversos sistemas convencionales que captan, conducen, tratan, almacenan y distribuyen el caudal de agua hasta cada una de la vivienda de los usuarios.

2.7 Sistema convencional de agua potable

Un sistema abastecimiento de agua es un conjunto de obras de ingeniería, destinados a conducir el agua requerida por una población desde su lugar de existencia natural o fuente hasta el hogar de los usuarios. Un sistema de abastecimiento de agua potable tiene como finalidad primordial entregar a los habitantes de una localidad, agua en cantidad y calidad adecuada para satisfacer sus necesidades.

La descripción de los sistemas convencionales, se basa en los niveles de servicio en abastecimiento de agua (basado en la cantidad de usuarios) y en las opciones tecnológicas disponibles para brindarlos. Estas opciones tecnológicas están condicionadas por el rendimiento y la ubicación de las fuentes, por el tamaño y dispersión de la población, por su ubicación geográfica, condiciones climáticas, etc. (Barrios, & otros, 2009, pág. 35).

Roger Agüero, explica que de acuerdo a la ubicación y naturaleza de la fuente de abastecimiento así como a la topografía del terreno, se consideran dos tipos de sistemas de abastecimiento de agua: los de gravedad y los de bombeo (Agüero, 2003, pág. 27).

Son denominados “sistemas por gravedad”, cuando la fuente de agua se encuentra a mayor altitud en relación al sitio de distribución; y “sistemas por bombeo”, cuando la fuente se encuentra a menor altitud y se requiere el uso de bombas para entregar el agua a los usuarios.

Sistema comunitario de abastecimiento de agua: el concepto de sistema comunitario de agua potable (ScAP) o sistema rural de abastecimiento de agua hace referencia a la definición de sistema convencional de abastecimiento de agua; sin embargo un ScAP tiene como característica principal gozar de autonomía en su administración y manejo. Es decir, los sistemas comunitarios son manejados a través Juntas Administradoras de Agua Potable (JAAP) elegidas por la comunidad.

2.7.1 Tipos de sistemas de abastecimiento de agua potable

Se definen cuatro tipos de sistemas convencionales de agua potable para poblaciones rurales basados en la existencia o no de un tratamiento y el tipo de conducción ya sea a gravedad o mediante bombeo. Estos son:

- Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento (GCT)
- Sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento (BST)
- Sistema de abastecimiento por bombeo con tratamiento (BCT)
- Sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento (GST)

2.7.1.1 Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento (GST)

Son sistemas donde la fuente de abastecimiento de agua es de buena calidad y no requiere tratamiento complementario previo a su distribución, salvo la cloración; adicionalmente, no requieren ningún tipo de bombeo para que el agua llegue hasta los usuarios. Las fuentes de abastecimiento son aguas subterráneas o subálveas. Las primeras afloran a la superficie como manantiales y la segunda es captada a través de galerías filtrantes (Barrios, Torres, Lampoglia, & Agüero, 2009, pág. 39).

2.7.1.2 Sistemas de abastecimiento por gravedad con tratamiento (GCT)

Los sistemas de abastecimiento por gravedad con tratamiento son contruidos cuando las fuentes de abastecimiento son aguas superficiales captadas en canales, acequias, ríos, etc., y por su calidad requieren ser clarificadas y desinfectadas antes de su distribución. Las plantas de tratamiento de agua deben ser diseñadas en función de la calidad física, química y bacteriológica del agua cruda. La principal ventaja es la remoción de la turbidez del agua (Barrios et al. 2009, pág. 40).

En la Figura 1 se puede observar el diseño típico de un sistema por gravedad con tratamiento.

Sistema de abastecimiento por gravedad

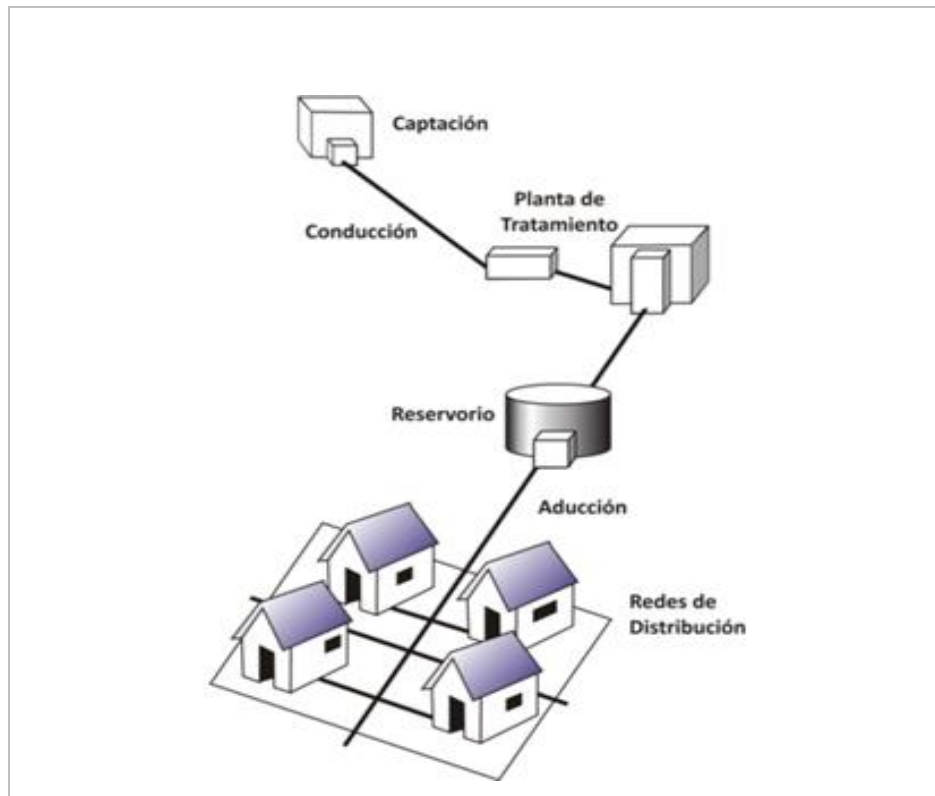


Figura 1. Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento. Fuente: (Barrios, Torres, Lampoglia, & Agüero, 2009, pág. 40).

2.7.1.3 Sistemas de abastecimiento por bombeo sin tratamiento (BST)

Los sistemas de abastecimiento por bombeo sin tratamiento, se abastecen con agua de buena calidad que no requiere tratamiento previo a su consumo. Sin embargo, el agua necesita ser bombeada para ser distribuida al usuario final; puesto que las fuentes de agua son pozos o están ubicadas en zonas muy bajas respecto de la comunidad (Aguilar & Ballesteros , 1995, pág. 4).

2.7.1.4 Sistemas de abastecimiento por bombeo con tratamiento (BCT)

Los sistemas por bombeo con tratamiento, son sistemas que requieren de una planta de tratamiento de agua para adecuar las características del agua a los requisitos de potabilidad; además requieren de un sistema de bombeo para impulsar el agua hasta el usuario final (Barrios et al. 2009, pág. 42).

En la Figura 2 se observa el diseño típico de un sistema por bombeo con tratamiento.

Sistema de abastecimiento por bombeo con tratamiento

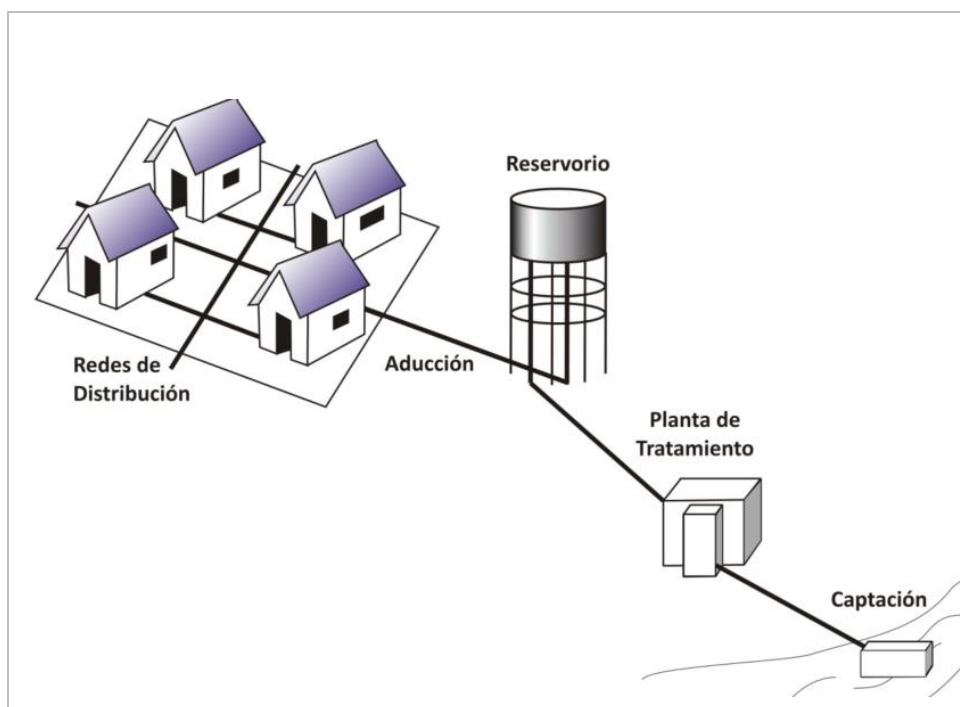


Figura 2. Sistemas de abastecimiento por bombeo con tratamiento. Fuente: (Barrios, Torres, Lampoglia, & Agüero, 2009, pág. 41).

2.8 Componentes del sistema de abastecimiento de agua potable

Para poblaciones rurales los sistemas de abastecimientos suelen ser sencillos y no cuentan en su mayoría con redes de distribución eficientes. Los componentes que integran los sistemas hidráulicos rurales, según el tipo de sistema convencional de agua potable se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1.

Componentes de los sistemas convencionales de agua potable

Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento (GCT)	Sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento (BST)	Sistema de abastecimiento por bombeo con tratamiento (BCT)	Sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento (GST)

Captación Línea de conducción o impulsión Reservorio Línea de aducción Red de distribución Conexiones domiciliarias y/o piletas públicas.	Captación Línea de conducción Planta o tanques de tratamiento de agua Reservorio Línea de aducción Red de distribución Conexiones domiciliarias y/o piletas públicas.	Captación Línea de conducción o impulsión Planta de tratamiento de agua Estación de bombeo Reservorio Línea de aducción Red de distribución Conexiones domiciliarias.	Captación generalmente subterránea Estación de bombeo de agua Línea de impulsión o bombeo Reservorio Línea de aducción Red de distribución Conexiones domiciliarias.
---	--	---	---

Nota. Datos tomados de la guía de orientación en saneamiento básico para alcaldes y alcaldesas de municipios rurales y pequeñas comunidades. Fuente: (Barrios et al.2009, pág. 39-42).
Elaborador por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

2.8.1 Fuente de agua

Es el espacio natural desde el cual se derivan los caudales demandados por la población a ser abastecida. Deben ser básicamente permanentes y suficientes, pudiendo ser superficiales y subterráneas, suministrando el agua por gravedad o por bombeo (Agüero, 2003, pág. 27).

2.8.2 Captación

La captación es el conjunto de obras que permiten recolectar el agua en su estado natural, desde la fuente (Aguilar & Ballesteros , 1995, pág. 6).

Las captaciones según el tipo de fuente son:

- Captación de aguas subterráneas: manantiales
- Captación superficial (ríos o riachuelos)

2.8.2.1 Captación de aguas subterráneas: Manantiales

La captación de manantiales se realiza mediante una estructura de concreto armado, conformado por 2 cajas, siendo la primera para el ingreso del agua y la segunda como caja de válvulas. Ambos deben tener tapas metálicas herméticas. La caja de ingreso deberá tener orificios que permiten el ingreso del agua a la caja y tener un relleno de grava entre la caja y el terreno donde se ubica el manantial. El objetivo es que el agua ingrese a la caja lo más directamente posible sin recibir contaminación del medio ambiente (García, 2009, pág. 24).

2.8.2.2 Captación superficial: ríos o riachuelos

Para este tipo de captaciones, el diseño básico consistirá en una defensa ribereña, bocal con compuerta, canal entre bocal y desarenador con vertedor de excedencias, rejilla para ingreso de tubería (García, 2009, pág. 30).

2.8.3 Estación de bombeo

Las estaciones de bombeo son un conjunto de estructuras civiles, equipos, tuberías y accesorios, que toman el agua directa o indirectamente de la fuente de abastecimiento y la impulsan a un reservorio de almacenamiento o directamente a la red de distribución. Los componentes básicos de una estación de bombeo de agua potable son los siguientes: caseta de bombeo, cisterna de bombeo, equipo de bombeo, generador de energía y fuerza motriz, tubería de succión, tubería de impulsión, válvulas de regulación y control, equipos para cloración, interruptores de máximo y mínimo nivel, tableros de protección y control eléctrico, sistema de ventilación, área para el personal de operación y cerco de protección para la caseta de bombeo (OPS, 2005, pág. 3).

2.8.4 Conducción

La conducción refiere a las obras o red de tuberías que permiten transportar el agua cruda, ya sea a flujo libre o presión desde la obra de captación hasta los tanques de almacenamiento, planta de tratamiento o directamente hasta la red de distribución en condiciones seguras e higiénicas (CARE Internacional-Avina, 2012, pág. 65).

2.8.4.1 Clase de tubería.

“Para la línea de conducción se usará tubería de policloruro de vinilo (PVC), en el diseño se debe considerar que el diámetro mínimo para la línea de conducción es 2 pulgadas” (García, 2009, pág. 33).

2.8.4.2 Componentes de la conducción

Roger Agüero, estipula que la línea de conducción consta de una serie de dispositivos necesarios para su buen funcionamiento, tales como: válvulas de aire, válvulas de purga, desarenador, tanques rompe presión, válvulas reductoras de presión, codos, etc. (Agüero, 2003, pág. 23).

2.8.4.2.1 Desarenador

El desarenador tiene por objeto separar del agua cruda la arena y partículas en suspensión gruesa (partículas superiores a 0,2 mm), con el fin de evitar se produzcan depósitos en las obras de conducción, proteger las bombas de la abrasión y evitar sobrecargas en los procesos posteriores de tratamiento. Estas estructuras podrán ser construidas de concreto simple, concreto reforzado, o mampostería de ladrillo o piedra, con recubrimiento de mortero impermeable (OPS, 2005, pág. 4).

2.8.4.2.2 Cámara de quiebre de presión o tanque rompe presión

La cámara de quiebre de presión o tanque rompe presión es una estructura pequeña de concreto armado, que puede ser de un metro por cada lado; tiene una tubería de entrada localizada en la parte superior y una tubería para la salida en la parte inferior. El agua, al caer en el tanque, pierde su presión. Por eso se le llama “cámara de quiebre de presión o tanque rompe presión” (CARE Internacional-Avina, 2012, pág. 66).

2.8.4.2.3 Válvulas que alivian la presión

Las válvulas reguladoras de presión se usan para mantener una presión constante y controlada a un valor previamente fijado a la salida de estos aparatos. Al igual que las cámaras se usan para aliviar la presión en las tuberías, protegiendo las instalaciones ubicadas aguas abajo (CARE Internacional-Avina, 2012, pág. 66).

2.8.4.2.4 Válvulas de aire

Son dispositivos que dejan salir el aire para que no impida que el agua siga su curso. A lo largo de los puntos altos de las líneas de conducción, suele acumularse aire en la parte superior de la tubería, lo cual cambia la velocidad del agua en el interior del tubo y forma bolsas de aire (CARE Internacional-Avina, 2012, pág. 66).

2.8.4.2.5 Válvulas de limpieza o de purga

Son accesorios se colocan lateralmente en los puntos más bajos de las redes, para que al abrirlas permitan la salida de los sedimentos acumulados en las tuberías. En otras palabras, son dispositivos que se usan para desalojar el material acumulado al interior de las tuberías

como tierra, arena e incluso piedras (CARE Internacional-Avina, 2012, pág. 66).

2.8.5 Planta de tratamiento

Se define a la planta de tratamiento como el conjunto de estructuras, obras, equipos y materiales que sirven para: someter al agua a diferentes procesos, con el fin de purificarla y hacerla apta para el consumo humano, reduciendo y eliminando impurezas, bacterias, sustancias venenosas, turbidez, olor, sabor, etc. (CARE Internacional-Avina, 2012, pág. 68).

Las unidades y procesos de tratamiento necesarios para convertir el agua cruda en agua potable se enlistan en la Tabla 2.

Tabla 2.
Unidades y procesos de tratamiento de agua potable

Procesos	Unidad de Tratamiento
Pre filtración	Pre-filtros
Aireación	Aireadores
Pre-sedimentación Sedimentación	Tanque pre-sedimentador Tanque sedimentador
Filtración	Tanque de filtración (Filtros lentos)
Desinfección	Sistema de cloración

Nota. Datos tomados de la cartilla de operación y mantenimiento de los sistemas rurales de agua potable con captación superficial. Fuente: (MIDUVI, 2006, pág. 5).
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

2.8.5.1 Descripción de los procesos de tratamiento

2.8.5.1.1 Pre-filtración

“Este proceso consiste en la eliminación de los sólidos de gran tamaño que pueda contener el agua en el punto de captación, por ejemplo hojas, ramas de árbol, o piedras, etc. Se utilizan rejas y/o tamices que retienen estos sólidos” (Córdoba, 2012, pág. 13).

2.8.5.1.2 *Aireación*

La aireación es una operación unitaria poco utilizada en el tratamiento de agua, en los sectores comunitarios; sin embargo este proceso de tratamiento permite que el agua entre en contacto con el aire, con la finalidad de incrementar su contenido de oxígeno de esta manera se eliminan sustancias volátiles, como el sulfuro de hidrógeno y el metano, que afectan el sabor y el olor del agua; se reduce el contenido de dióxido de carbono del agua, y se oxidan los minerales disueltos, como el hierro y el manganeso, para que formen precipitados, que se puedan retirar por sedimentación y filtración.

La Norma INEN: 2655, define a la aireación como uno de los procesos unitarios de la planta, cuando se requiera oxidar hierro y manganeso, eliminar malos olores y sabores o remover compuestos orgánicos volátiles, presentes en el agua superficial (NTE INEN 2655, 2012, pág. 2).

2.8.5.1.3 *Pre-sedimentación*

Se refiere a la decantación (asentamiento) de las partículas dispersas en un medio líquido que por su peso y tamaño serán aceleradas y precipitadas hacia el fondo de la estructura por acción de la gravedad, con la finalidad de disminuir el desgaste de las estructuras y accesorios, además de disminuir la acumulación de depósitos de arena en los siguientes procesos de la planta de tratamiento (ITACA, 2005, pág. 95).

2.8.5.1.4 *Sedimentación*

Según la norma INEN 2655 la sedimentación es el proceso por el cual se realiza la separación de los sólidos más densos que el agua por la acción de la gravedad y que se depositan en el fondo de una estructura (NTE INEN 2655, 2012, pág. 3).

2.8.5.1.5 *Filtración*

En la norma INEN 2655 se establece que la filtración, es un proceso mediante el cual se remueven las partículas suspendidas y coloidales del agua al hacerlas pasar a través de un medio poroso, la filtración es la operación concluyente de clarificación que se realiza en una planta de tratamiento de agua (NTE INEN 2655, 2012, pág. 2).

2.8.5.1.6 Desinfección

La desinfección es una de las actividades de purificación más utilizadas por las comunidades rurales en los procesos de tratamiento de agua. En la norma INEN 1108, se determina que la desinfección es un proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública (NTE INEN 1108, 2011, pág. 1).

2.8.5.2 Descripción de las unidades de tratamiento

2.8.5.2.1 Aireadores

Los principales aireadores utilizados en el área rural para la purificación de agua son los de bandejas múltiples y de cascada.

- *Aireadores de Bandejas Múltiples*

Un aireador de bandeja múltiple consiste en una serie de bandejas equipadas con ranuras, fondos perforados o mallas de alambre, sobre las cuales se distribuye el agua y se deja caer a un tanque receptor en la base. Generalmente se usan de 3 a 9 bandejas, en muchos aireadores de bandeja se coloca medio grueso de 5 a 15cm de espesor, para mejorar la eficiencia de intercambio de gas y la distribución del agua (Vera, 2007, pág. 30).

- *Aireadores de Cascadas y vertedores*

En este tipo de aireadores, el agua se deja caer en láminas o capas delgadas, sobre uno o más escalones de concreto. El aireador de cascada se diseña como una escalera; entre más grande sea el área horizontal, más completa es la aireación. La aireación ocurre en las áreas de salpicamiento en forma similar a la que ocurre en un río turbulento; por ellos se acostumbra colocar salientes, bloques o vertedores en los extremos de los escalones. La aireación en vertedores es factible cuando existe suficiente energía disponible, en ese caso el sistema es económico, no se requiere energía adicional y el mantenimiento es sencillo (Vera, 2007, pág. 31).

2.8.5.2.2 *Tanque pre-sedimentador*

Son unidades rectangulares de pre-tratamiento que tiene por objeto separar las partículas sólidas (arena), de un líquido. El pre sedimentador se refiere normalmente a la remoción de partículas de diámetros que están comprendidos entre 0,01mm y 0,20 mm, pero no deben ser de origen coloidal (Arias, 2011, pág. 40).

2.8.5.2.3 *Tanque sedimentador*

El sedimentador es un dispositivo usado para separar, por gravedad, las partículas en suspensión en una masa de agua. El sedimentador se refiere normalmente a la remoción de partículas inferiores a 0,2 mm y superiores a 0,05 mm (OPS, 2005, pág. 4).

Según la Organización Panamericana de la Salud, las estructuras de los sedimentadores podrán ser de concreto simple, concreto reforzado, o mampostería de ladrillo o piedra, con recubrimiento de mortero impermeable.

El sedimentador consta de cuatro partes o zonas:

- Zona de entrada: Estructura hidráulica de transición, que permite una distribución uniforme del flujo dentro del sedimentador.
- Zona de sedimentación: Consta de un canal rectangular con volumen, longitud y condiciones de flujo adecuados para que sedimenten las partículas. La dirección del flujo es horizontal y la velocidad es la misma en todos los puntos, flujo pistón.
- Zona de salida: Constituida por un vertedero, canaletas o tubos con perforaciones que tienen la finalidad de recolectar el efluente sin perturbar la sedimentación de las partículas depositadas.
- Zona de recolección de lodos: Constituida por una tolva con capacidad para depositar los lodos sedimentados, y una tubería y válvula para su evacuación periódica

2.8.5.2.4 *Sistema de filtración: Tanque de filtración*

La organización CARE Internacional-Avina, alude que desde hace algunos años en el Ecuador se viene utilizando el sistema de tratamiento por medios físicos denominado Filtración en Múltiples Etapas (FiME) (CARE Internacional-Avina, 2012, pág. 71).

La tecnología de Filtración en Múltiples Etapas (FiME) consiste en la combinación de procesos de filtración gruesa en grava y filtración lenta en arena. Los procesos son: Filtros Dinámicos, Filtros Gruesos y Filtros Lentos de Arena; los dos primeros se utilizan durante la etapa de pre-tratamiento, para reducir la concentración de sólidos suspendidos. Sin embargo se puede utilizar otras alternativas como: pozos o galerías de infiltración, sedimentadores y desarenadores. La FiME puede estar conformada por dos o tres procesos de filtración, dependiendo del grado de contaminación de las fuentes de agua (OPS, 2005, pág. 10).

En la Figura 3 se observa los procesos que integran la FiME

Procesos que integran la tecnología FiME

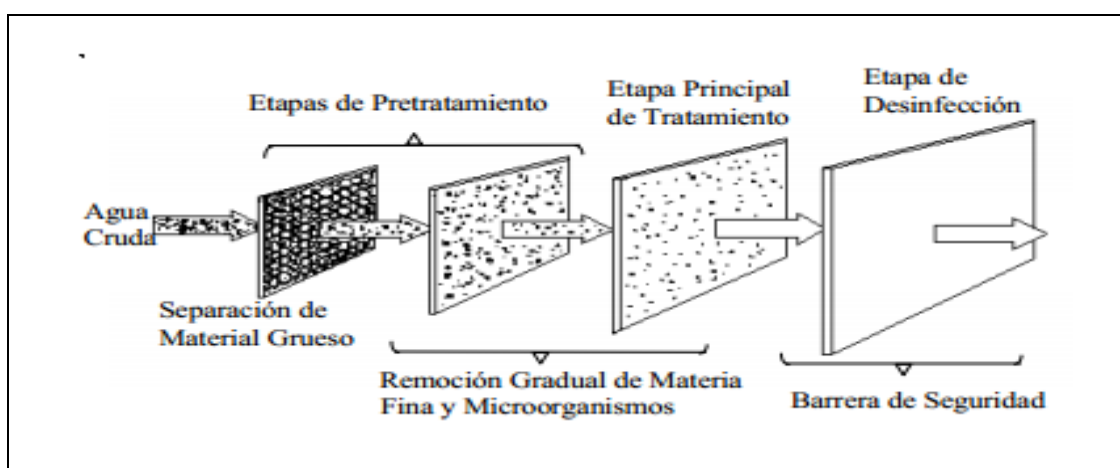


Figura 3. Procesos que integran la tecnología FiME. Fuente: (OPS, 2005, pág. 10).

- Filtros dinámicos

Los filtros dinámicos son tanques que contienen una capa delgada de grava fina (6 a 13mm) en la superficie, sobre un lecho de grava más grueso (13-25mm) y un sistema de drenaje en el fondo. Esta unidad es utilizada para reducir los extremos de los picos de turbiedad y proteger de esta manera la planta de tratamiento ante altas cargas de sólidos transportadas por la fuente durante unas pocas horas (OPS, 2005, pág. 6).

- Filtros gruesos

Los filtros gruesos de grava pueden ser de flujo horizontal o vertical. Consiste en un compartimiento principal donde se ubica un lecho filtrante de grava. El tamaño de los granos de grava disminuye con la dirección del flujo (OPS, 2005, pág. 7).

- Filtros Lentos

Un filtro lento consiste en un tanque con un lecho de arena fina, colocado sobre una capa de grava que constituye el soporte de la arena la cual, a su vez, se encuentra sobre un sistema de tuberías perforadas que recolectan el agua filtrada. Dependiendo del sentido del flujo de agua los filtros pueden ser ascendentes o descendentes (OPS, 2005, pág. 7).

Una unidad de filtración lenta en arena consta generalmente de los siguientes elementos: caja de filtración y estructura de entrada, sistema de drenaje, lecho filtrante y capa de soporte, capa de agua sobrenadante y dispositivos para regulación, control y rebose (OPS, 2005, pág. 8).

Lecho filtrante: el medio filtrante debe estar compuesto por granos de arena duros y redondeados, libres de arcilla y materia orgánica. La arena no debe contener más de 2% de carbonato de calcio y magnesio. La altura del agua sobre el lecho filtrante puede variar entre 1.0 y 1.50 m.

Capa de soporte: la capa de soporte, está compuesta por piedras que deben ser duras y redondas, con un tamaño determinado, cada capa debe estar libre de arena, limo, materia orgánica, esto sirve para evitar que se pierda el material a través del drenaje y asegure una filtración uniforme.

2.8.5.2.5 Sistema de desinfección

Una vez que el agua ha atravesado por las unidades de tratamiento físico el agua debe pasar por un tratamiento de desinfección por medios químicos. En el medio rural, para el proceso de desinfección lo más utilizado es el cloro por ser un producto con gran poder bactericida, capaz de matar las bacterias o impedir su desarrollo. Además es barato y de fácil manejo (CARE Internacional-Avina, 2012, pág. 74).

Para realizar la desinfección del agua se utiliza dosificadores. Los dosificadores son equipos que utilizan como producto desinfectante a los compuestos de cloro como la cal clorada, hipoclorito de sodio e hipoclorito de calcio (OMS, 2005, pág. 6).

Los principales dosificadores empleados en zonas rurales son el sistema dosificador por goteo o flujo constante, el hipoclorador por difusión y el dosificador por erosión de tabletas, cada uno de ellos, se describe a continuación:

- Sistema Dosificador por goteo o flujo constante

Este tipo de sistema se ha usado ampliamente con arreglos diferentes. El elemento básico es un tubo de PVC con uno o más orificios. El tubo se fija a un dispositivo flotante y el orificio debe colocarse algunos centímetros debajo del nivel de la solución. La solución ingresa al tubo y fluye a la tasa deseada de alimentación hacia el punto de aplicación. La tasa de dosificación se puede ajustar fácilmente con tan solo cambiar la profundidad de inmersión de los orificios (OMS, 2005, pág. 7).

Estos sistemas son contruidos con materiales que resistan la corrosión de una solución fuerte de hipoclorito. El tanque de solución puede ser de polietileno de alta densidad, fibra de vidrio. El flotador puede hacerse con PVC o madera. No deben usarse aluminio, acero, cobre ni acero inoxidable porque se destruyen rápidamente (OMS, 2005, pág. 5).

- Hipoclorador de flujo por difusión

El hipoclorador de flujo difusión, son unidades sencillas contruidas con tubería de policloruro de vinilo (PVC) de agua y desagüe, y son fácilmente desmontables. Trabajan con hipoclorito de calcio de 30%. Estos se instalan principalmente en el interior los reservorios o tanques de almacenamiento. La cámara del hipoclorador está formada por dos tubos de diferente diámetro (1-1/4" y 4") colocadas de forma concéntrica; la longitud efectiva se obtiene dimensionando el equipo. La difusión se da por los agujeros realizados en ambos tubos, estos tienen un diámetro de 1/4" y pueden estar distanciados 1.5 o 3 cm.; trabajan con caudales comprendidos entre 0,2 a 0,3 l/s y una altura máxima de 60 cm. En la práctica se recomienda trabajar con distancia de agujeros de 1.5cm ya que la mayor densidad de estas demuestra mayor efectividad (OMS, 2005, pág. 8).

- Dosificador por erosión de tabletas

Los dosificadores de erosión disuelven gradualmente las tabletas de hipoclorito de calcio de alta concentración a una tasa predeterminada (solo requieren de energía hidráulica) mientras fluye una corriente de agua alrededor de ellas. Este mecanismo

proporciona la dosificación necesaria de cloro para desinfectar el agua. A medida que las tabletas se van diluyendo, se reemplazan con otras nuevas que caen por gravedad en la cámara. La solución de cloro concentrada alimenta un tanque, un canal abierto o un reservorio según sea el caso (OMS, 2005, pág. 9).

Fuera de la energía hidráulica necesaria para que corra el agua a través del dosificador por erosión de tabletas, no se requiere de energía adicional. Este tipo de dosificador de cloro ofrece mucha flexibilidad, tanto en cuanto a la cantidad de cloro como a la ubicación de los puntos de aplicación. Estos dispositivos están hechos de materiales de construcción no corrosivos como PVC y no tienen partes móviles (OMS, 2005, pág. 9).

2.8.5.3 Tanques de almacenamiento o reservorios

En el abastecimiento de agua potable, los reservorios pueden ser de 2 clases:

- Reservorio de almacenamiento.
- Reservorio de regulación o distribución.

2.8.5.3.1 Reservorio o tanque de almacenamiento

Es una estructura para almacenar agua tratada, que puede ser construida con hormigón o ferrocemento, pero también de acero vitrificado o bien de plástico de alta resistencia. Puede tener forma cuadrada, rectangular o redonda y debe estar cubierto. El tanque de almacenamiento o reserva garantiza la cantidad de agua requerida por la población en las horas de mayor consumo. El tanque almacena el agua durante la noche y en las horas de menor consumo, por lo cual su volumen depende del tamaño de la población (CARE Internacional-Avina, 2012, pág. 75).

La ubicación del reservorio está determinada principalmente por la necesidad y conveniencia de mantener la presión en la red dentro de los límites de servicio, garantizando presiones mínimas en las viviendas más elevadas y presiones máximas en las viviendas más bajas. El reservorio se debe ubicar lo más cerca posible y a una elevación mayor al centro poblado (Agüero, 2003, pág. 78).

2.8.5.3.2 Reservorio de regulación o distribución

Se construye con el objeto de librar a la red de distribución, de una presión grande, cuando el almacenamiento del agua está a gran distancia o a mucha altura con

respecto a la población. También sirve para satisfacer los mayores gastos de la población en las horas de máximo consumo.

Existen varias clases de reservorios dependiendo del tipo de construcción, forma e incluso materiales de construcción. Acorde al tipo de construcción podemos encontrar reservorios apoyados, enterrados o sema-enterrados y tanques elevados; según la forma tenemos reservorios circulares, rectangulares y cuadrados y; finalmente de acuerdo a los materiales de construcción tenemos reservorios de albañilería, concreto simple y concreto armado (CARE Internacional-Avina, 2012, pág. 76).

La organización CARE Internacional-Avina establece que un tanque de almacenamiento además de ser una estructura para almacenar debe tener los siguientes componentes:

- Tubería de entrada con su correspondiente válvula de cierre, para suspender o permitir la entrada de agua al tanque, según se requiera; tubería de salida con su correspondiente válvula de control; tubería para lavado del tanque, con válvula de control; tubería de paso directo o bypass para no interrumpir el servicio cuando el tanque este en mantenimiento; tubería de rebose y tubería de drenaje con válvula de control, utilizada durante el lavado del tanque.
- Una tapa o cubierta superior para prevenir la caída de hojas y otros objetos dentro del tanque. Si el tanque no tiene cubierta, debe construirse un techo para controlar el ingreso de vectores y la caída de elementos volátiles con basura y hojas secas.
- Una tapa o compuerta de inspección para facilitar el acceso al interior del tanque.
- Escalera de acceso al tanque, tanto externa como interna, para facilitar las labores de limpieza.
- Tubos de ventilación o respiradores (con rejilla en su extremo para impedir la entrada de elementos o insectos al tanque).
- Un sistema para medir el nivel de agua en el tanque, que puede ser una manguera transparente pegada por fuera a una regla marcada con el cero (0) coincidiendo con el fondo.

2.8.6 Red de distribución

“La red de distribución, es el conjunto de líneas destinadas al suministro de agua a los usuarios, que debe ser adecuada en cantidad y calidad” (García, 2009, pág. 36).

Las redes de distribución pueden estar conformadas por una red matriz o principal y por redes secundarias. La red matriz distribuye el agua procedente de la conducción, planta de tratamiento o tanques de almacenamiento a las redes secundarias. Se encarga de mantener las presiones básicas de servicio para el funcionamiento correcto de todo el sistema y generalmente no reparte agua en ruta. Las redes secundarias se derivan de la red principal y distribuyen el agua a los barrios o sectores de una población. En lo posible, las conexiones domiciliarias se deben instalar desde las tuberías de la red secundaria y no de la tubería principal o matriz (CARE Internacional-Avina, 2012, pág. 79).

La red de distribución requiere de varios componentes para su correcto funcionamiento como: válvulas, cámaras rompe presión y anclajes.

Las tuberías del sistema de distribución se instalarán a 1m del borde de la acera o 1/3 de la calzada, a una profundidad mínima de 0.8 m.

2.8.6.1 Clase de tuberías

“Para la red de distribución se debe colocar tubería de PVC de presión, el diámetro mínimo recomendado para redes principales es 2 pulgadas y para líneas secundarias pulgada” (García, 2009, pág. 36).

2.8.7 Conexiones domiciliarias

La acometida domiciliaria es un conjunto de tuberías y accesorios que llevan el agua desde la red de distribución hasta el punto de registro (medidor) del usuario final o vivienda. De acuerdo con las normas técnicas, las acometidas domiciliarias para viviendas residenciales son de media pulgada (½ pulgadas) (CARE Internacional-Avina, 2012, pág. 85).

Las conexiones domiciliarias tienen los siguientes componentes: conexión a la red mediante t o abrazadera, tubería de conexión de ½, válvula de cierre antes y después del medidor o solo una sin medidor, medidor, accesorios y piezas de unión.

2.9 Operación y mantenimiento de sistemas de agua potable

Los sistemas de agua potable en el sector rural del Ecuador, en pequeñas y medianas comunidades, son administrados de acuerdo con la Ley por las comunidades a través de Juntas Administradoras de Agua Potable. La falta de capacitación a dirigentes y operadores ha constituido un problema, pues las obras construidas para durar 20 años, se deterioran rápidamente debido a la falta de mantenimiento y a fallas operativas (Reyes & Quezada, 2009, pág. 90).

2.9.1 Operador del sistema agua potable

El operador es quien maneja u opera el sistema de agua potable, y da mantenimiento a las distintas partes. En los sistemas grandes y en los pequeños, el operador cumple con varias tareas diarias, denominada rutina, que es diferente, para cada uno de los sistemas (Reyes & Quezada, 2009, pág. 90).

Las actividades de operación se relacionan con la puesta en funcionamiento del sistema, es decir, involucra actividades tales como arranque y manipulación de las bombas, tratamiento físico-químico del agua, control de los puntos de recogida de agua, etc. El mantenimiento a diferencia de la operación involucra un conjunto de acciones destinadas a conservar el sistema en buenas condiciones de funcionamiento, lo cual incluye mantenimiento preventivo y reparaciones (Reyes & Quezada, 2009, pág. 91).

2.9.2 Actividades de operación de los sistemas de agua potable

Según los autores Eugenio Reyes y Gustavo Quezada, las principales tareas del operador en las diferentes unidades, son:

En la captación: visitar la fuente para garantizar el ingreso regular del caudal de agua requerido por el sistema. Dependiendo del tipo de fuente, la visita a la captación varía:

- todos los días cuando se trata de ríos de montaña,
- una vez por semana para las tomas laterales, y
- una vez por mes para los drenajes y pozos de infiltración.

En la conducción: recorrer periódicamente, de tiempo en tiempo, la tubería, chequeando si hay taponamientos o filtraciones. En los tanques rompe presión, verifica los caudales, opera de ser necesarias las válvulas de aire y de purga.

En el tratamiento: verificará el caudal de ingreso y salida. Si una de las unidades de tratamiento requiere limpieza, disminuye el caudal hasta realizar el mantenimiento preventivo programado.

En la desinfección: verificará el caudal, observará la calidad del agua y aplicará cloro. La cantidad o dosis de cloro, que se aplique depende: de la cantidad y de la calidad del agua. Por su gran efectividad como desinfectante, una pequeña dosis, 1 miligramo de cloro, puede desinfectar un litro de agua.

En el tanque de reserva: calibrar las válvulas, que es una tarea muy importante. A la entrada, buscará evitar el desperdicio por el rebose del tanque. A la salida procurará un buen reparto en las diferentes redes.

En la red de distribución: verificará el funcionamiento de los diferentes tanques rompe presión, calibrando las válvulas de entrada y salida. Calibrar las válvulas de control permite mejorar el reparto a los diferentes sectores de la comunidad.

En las conexiones domiciliarias: verificará la cantidad de agua en cada una de ellas y calibrar, si es del caso, la toma de incorporación ubicada junto a la matriz o la llave de vereda, a la entrada en el medidor.

2.9.3 Actividades de mantenimiento de los sistemas de agua potable

El Ministerio de Desarrollo y Vivienda (MIDUVI), a través del manual de operación y mantenimiento de sistemas rurales de agua potable con captación superficial, explica de manera didáctica las actividades de mantenimiento de los sistemas de agua potable; tal como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3.

Actividades de mantenimiento en cada uno de los componentes de los sistemas de agua potable

Captación			
Cada mes	Cada tres meses	Cada seis meses	Periódicamente
Accionar las válvulas	Mantener limpia el área de la captación	Desinfectar con cloro el cajón de la captación antes de abrir las válvulas de servicio	Pintura general de la captación
Arreglar las tapas y seguridades limpiar las cunetas	Lubricar las válvulas y las compuertas	Corregir si existe grietas o fugas	
Detectar y corregir si hay riesgos de contaminación		Limpiar los drenes	

de las galerías			
Desarenador			
Cada mes	Cada tres meses	Anualmente	Periódicamente
Limpiar el exterior. Vaciar el tanque.	Limpieza interior de paredes y fondo. Verificar y corregir el estado de las tapas, cámaras, válvulas, etc. Lubricar las válvulas.	Corregir las filtraciones por fisuras y fallas estructurales. Pintar las estructuras, usando pintura anticorrosiva para las partes metálicas.	Limpieza interior después de cada crecida (invierno).
Línea de conducción			
Cada mes	Cada tres meses	Eventualmente	
Inspeccionar y promover la protección de la línea de conducción, válvulas de aire, desagües, rompe presiones y pasos de quebrada. Buscar y corregir las fugas, roturas y conexiones clandestinas. Abrir y cerrar lentamente las válvulas de desagüe y lubricarlas.	Limpiar el área cercana a la línea de conducción.	Buscar y evitar posibles deslizamientos.	
Planta de tratamiento: aireador			
Cada mes	Cada tres meses	Cada seis meses	
Controlar y registrar el caudal de ingreso. Si hubiere deficiencia de caudal, corrija el problema en la conducción o en la captación.	Limpiar el aireador Engrasar compuertas y válvulas.	Pintar la estructura. Cambiar el material contenido en la bandejas.	
Planta de tratamiento: sedimentador			
Cada mes	Cada tres meses	Cada año	
Limpiar el exterior. Vaciar el tanque y sacar los sedimentos (lodo, etc.)	Accionar y lubricar las válvulas. Limpiar interiormente el tanque y desinfectarlo con cloro. Identificar y eliminar las posibles fuentes de contaminación (animales, basura, etc.)	Corregir las fallas de las estructuras. Pintar las estructuras, usando anticorrosivo para las partes metálicas.	
Planta de tratamiento: pre filtros			
Cada semana	Cada mes	Cada tres meses	Cada año

Abrir las válvulas o compuertas para que salga el lodo acumulado.	Engrasar las puertas.	Limpiar interiormente la unidad y corregir las fallas. Verificar el funcionamiento.	Vaciar, limpiar y lavar la unidad. Pintar la unidad, usando anticorrosivo para las partes metálicas.
---	-----------------------	--	---

Planta de tratamiento: filtro lento descendente

Cada día	Cada mes	Cada tres meses	Cada año
<p>Remover el material flotante.</p> <p>Controlar el caudal de entrada y salida.</p>	<p>Raspar con un rastrillo la capa superior de la arena, cuando el agua haya bajado a unos 2 cm sobre la arena.</p> <p>Limpiar el área exterior de los filtros.</p> <p>Limpiar la cámara de válvulas.</p>	<p>Quitar una capa de 2.5 cm de arena del filtro.</p> <p>Lavar el material removido y volverlo a colocar.</p> <p>Controlar las fuentes de contaminación (animales, basura, etc.)</p> <p>Accionar y lubricar las válvulas.</p> <p>Arreglar las tapas y sus seguridades.</p>	<p>Pintar las unidades.</p> <p>Usar pintura anticorrosiva en las estructuras metálicas.</p> <p>Reponer el material filtrante (arena) que fue retirado cada 3 meses.</p>

Planta de tratamiento: filtro ascendente

Cada día	Cada semana	Cada mes	Cada tres meses	Cada año	Ciertas veces
<p>Quitar el material flotante.</p> <p>Controlar y caudal de entrada y salida.</p>	<p>Raspar con un rastrillo el lecho filtrante.</p>	<p>Limpiar el área interior y exterior del filtro.</p>	<p>Accionar y lubricar las válvulas.</p> <p>Verificar el buen funcionamiento de las unidades.</p> <p>Controlar fuentes de contaminación (animales, basura, etc.)</p>	<p>Pintar las unidades.</p> <p>Usar pintura anticorrosiva en las partes metálicas.</p>	<p>Realizar el reto-lavado, para lo cual se debe :</p> <p>Cerrar el ingreso de agua</p> <p>Abrir la válvula de desagüe para que salga el lodo acumulado.</p> <p>Abrir la válvula de ingreso.</p>

Planta de tratamiento: desinfección

Cada día	Cada semana
<p>Controlar y registrar el caudal que llega al tanque de reserva.</p> <p>Preparar la solución de cloro a ser aplicada.</p> <p>Aplicar la solución y regular el goteo.</p>	<p>Limpiar el dosificador y el hipoclorador.</p>

Controlar y registrar los niveles de cloro residual.

Ajustar finalmente el goteo de la solución, según los resultados del control del cloro residual.

Planta de tratamiento: tanque de reserva o almacenamiento

Cada día	Cada mes	Cada tres meses	Cada seis meses	Cada año
Accionar (abrir y cerrar) las válvulas para evitar que se traben. Verificar el buen estado de las etapas y asegurarlas, al fin de evitar la contaminación del agua.	Limpiar la boca de visita. Limpiar el área exterior del tanque.	Engrasar las válvulas. Verificar las estructuras del hormigón y mampostería. Reparar fisuras y filtraciones.	Limpiar el área interior del tanque. Desinfectar el área interior del tanque con cloro en una solución de 50 ppm. Controlar los focos de contaminación.	Pintar el exterior del tanque y el cerramiento.

Red de distribución

Cada día	Cada mes	Cada tres meses
Buscar y corregir las posibles fugas y daños.	Accionar las válvulas de limpieza. Controlar las conexiones clandestinas y el desperdicio del agua.	Revisar y engrasar las válvulas.

Conexiones domiciliarias

Cada mes realizar las siguientes actividades:

Inspeccionar cada conexión.

Realizar la lectura de medidores.

Detectar las fugas y usos indebidos.

Dar mantenimiento a los medidores.

Nota. Principales actividades de operación y mantenimiento de un sistema de agua potable rural.

Fuente: (MIDUVI, 2006, pág. 32).

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

2.10 Sistemas de información geográfica (SIG)

Es cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones (Calle, 2014, pág. 6).

2.10.1 Aplicación de sistemas de información geográfica en estudios ambientales

Por las ventajas que brinda la aplicación de SIG, se ha convertido en herramientas importantes para muchos sectores de actividad tanto públicos como privados, a continuación se cita algunas aplicaciones del SIG.

Planificación Hidrológica: “principalmente en la gestión del agua en comunidades, gestión de redes de distribución de agua tanto urbana como rural” (AGER, 2013, pág. 3).

Protección del Medio Ambiente: “básicamente en la elaboración de mapas temáticos del medio natural y seguimiento de su estado de conservación” (AGER, 2013, pág. 3).

Ordenamiento Territorial: “elaboración de mapas de uso de suelo mediante el uso combinado de los SIG e imágenes de satélite para la planificación del territorio” (AGER, 2013, pág. 3).

2.10.2 Aplicación de los sistemas de información geográfica en sistemas de agua potable

La incorporación de los SIG en sistemas de agua potable, nace a partir de la necesidad fundamental de contar con un sistema que permita el despliegue de información asociada a una base de datos única, para la administración y distribución de la información técnica del sistema.

Los sistemas de información geográfica, pueden ser aplicados a manera de dos herramientas: la primera como herramienta de presentación para mostrar resultados de forma que sea la estética el criterio predominante. La segunda, consiste en utilizar el SIG como un sistema gestor de bases de datos que incluye la posibilidad de incorporar índices geográficos, es decir, que combina las consultas aritméticas y lógicas tradicionales con consultas espaciales (Martínez, 2002, pág. 46).

2.10.3 Abastecimiento de agua en áreas rurales

2.10.3.1 Cobertura del servicio

Se refiere al acceso que la comunidad rural tiene al servicio organizado del abastecimiento de agua, factor que suele ser más importante en muchas

comunidades, sin embargo experiencias muestran que no es suficiente focalizarse en este único aspecto; pero si, deben realizarse proyectos que contemplen la distribución del agua, en términos de equidad y al mayor número de usuarios posibles (Enríquez & Lozano, 2003, pág. 3).

2.10.3.2 Continuidad del servicio

El suministro de agua debe ser continuo en el tiempo, de manera que garantice la prestación adecuada del servicio, sin embargo, en las zonas rurales el abastecimiento de agua no puede ser suministrada continuamente, ya sea por las limitaciones del recurso, costos de operación y lo más importante que es la parte cultural, en la cual tiene que capacitarlos y crearles conciencia del uso apropiado del agua. En este sentido es aconsejable especificar claramente los horarios de suministro de agua, con una comunicación oportuna a los usuarios (Enríquez & Lozano, 2003, pág. 3).

2.11 Sostenibilidad

La sostenibilidad es una relación entre los sistemas humano y ecológico que permite mejorar y desarrollar la calidad de vida, manteniendo al mismo tiempo, la estructura, las funciones y la diversidad de los sistemas que sustentan la vida (Fernández F. , 2006, pág. 18).

“La sostenibilidad es un concepto aplicable a diferentes niveles u objetos; sea un sector económico, un producto, una ciudad o una empresa” (Fernández F. , 2006, pág. 18).

2.11.1 Sostenibilidad en los sistemas de agua potable rural

El concepto de sostenibilidad en sistemas de agua potable rural tiene varias acepciones, así como diferentes son las propuestas de estrategias para lograr servicios sostenibles. En un estudio realizado por el Ministerio de de Vivienda, Construcción y Saneamiento, sobre la sostenibilidad de 104 sistemas rurales de agua potable del Perú, se considera que “un sistema de agua es sostenible cuando a lo largo de su vida proyectada, suministra el nivel deseado de servicio, con criterios de calidad y eficiencia económica y ambiental, el cual puede ser financiado o cofinanciado por sus usuarios, con un mínimo de apoyo externo y de asistencia técnica, y que es usado de manera eficiente sin que cause un efecto negativo al medio ambiente”. Este concepto de sostenibilidad tiene un enfoque integral y considera

como base la interacción entre la comunidad y sus formas de organización para la prestación de servicios, las condiciones ambientales y las opciones tecnológicas que facilitan el acceso al recurso y su mejoramiento (Ministerio de de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2003, pág. 5).

2.11.2 Indicador de sostenibilidad

Se entiende por indicador, el “dato que ha sido seleccionado a partir de un conjunto estadístico más amplio por poseer una significación y una representatividad particulares” (Fernández F. , 2006, pág. 20).

“Los indicadores de sostenibilidad proporcionan señales para medir el progreso hacia objetivos que contribuyen conjuntamente al bienestar humano y al bienestar de los ecosistemas” (Fernández F. , 2006, pág. 21).

En el ámbito de estudio de sistemas de agua potable, los indicadores son elementos clave para determinar cuan sostenible es un sistema de agua potable rural; CARE Internacional & CAMAREN, establece que para obtener resultados válidos de índices o niveles de sostenibilidad, los indicadores deben representar la realidad de los siguientes componentes:

Económico-Financiero: establecimiento de procesos adecuados de cálculo, definición y aplicación de tarifas considerado criterios de equidad y cobros diferenciados, se espera que los sistemas de agua tengan tarifas que cubran los costos de mantenimiento, reposición, capitalización, protección del agua y que sean establecidas atendiendo a la capacidad y voluntad de pago de las comunidades (CAMAREN, 2006, pág. 137).

Organizacional: se refiere a las capacidades, recursos, procesos y políticas de las Juntas de Agua Potable (JAAP) y/o organizaciones comunitarias para garantizar la operación, mantenimiento y administración efectiva de los sistemas de agua y su comunidad. Implica la promoción de la participación de las mujeres en espacios de decisión, así como en prácticas y políticas favorables a la equidad (CAMAREN, 2006, pág. 137).

Político-jurídico: aborda el apoyo, relación y la viabilidad política desde los gobiernos locales, la formulación de manera participativa de políticas y ciertas regulaciones, así como de estructuras municipales (unidades o departamentos) que son favorables a la gestión del agua. La legislación del uso de caudales de agua ante el CNRH y su situación ante el SRI (CAMAREN, 2006, pág. 137).

Social: considera a la participación social como uno de sus principios fundamentales, su rol activo en todos los procesos de gestión de los servicios y de los recursos naturales, a través de actividades permanentes de promoción, educación y comunicación. La promoción de espacios específicos para niñas, niños, jóvenes y mujeres bajo criterios de equidad de género y generacional. La inclusión de las familias y de la comunidad en el diagnóstico, planificación, ejecución, evaluación y gestión de conocimientos constituye un soporte importante para la sostenibilidad (CAMAREN, 2006, pág. 137).

Técnico: se orienta al estado de los sistemas constituidos o rehabilitados y al tipo de servicio que proporcionan (cobertura, calidad, continuidad, cantidad). Incluye aspectos de diseño, tecnologías apropiadas y varias alternativas de nivel de servicio para la construcción de los sistemas de agua y saneamiento, así como el desarrollo de capacidades técnicas, dirigentes, líderes y lideresas en gestión integral de agua (CAMAREN, 2006, pág. 137).

Ambiental: hace referencia a la situación ambiental y sanitaria de las micro-cuencas y fuentes de agua: a nivel de protección de las fuentes de agua, la tenencia de la tierra en la fuente y situación jurídica de la fuente, al grado de responsabilidad frente a las aguas residuales y la existencia de planes de manejo y asignación de recursos financieros para el efecto (CAMAREN, 2006, pág. 138).

CAPÍTULO 3

UBICACIÓN

3.1 Ubicación política-territorial

El presente estudio se realizó con 18 Sistemas comunitarios de Agua Potable (ScAP), pertenecientes a las parroquias Tupigachi, Tabacundo, Eugenio Espejo, González Suarez, San Juan de Ilumán, Otavalo, San Pablo, Dr. Miguel Egas Cabezas, San Rafael, La Esperanza y Angochagua; por lo cual se ha tomado como referencia la ubicación política de las parroquias. En la Tabla 4 se presenta la delimitación político-administrativa del área de estudio.

Tabla 4.

Delimitación político administrativa del área de estudio.

Provincia	Cantón	Parroquia
Pichincha	Pedro Moncayo	Tupigachi Tabacundo
		Eugenio Espejo González Suarez San Juan de Ilumán Otavalo San Pablo Dr. Miguel Egas Cabezas San Rafael
Imbabura	Antonio Ante	San Roque
	Ibarra	La Esperanza Angochagua

Nota. División política del proyecto Pesillo-Imbabura. Fuente: (MIDUVI, 2006, pág. 30).
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

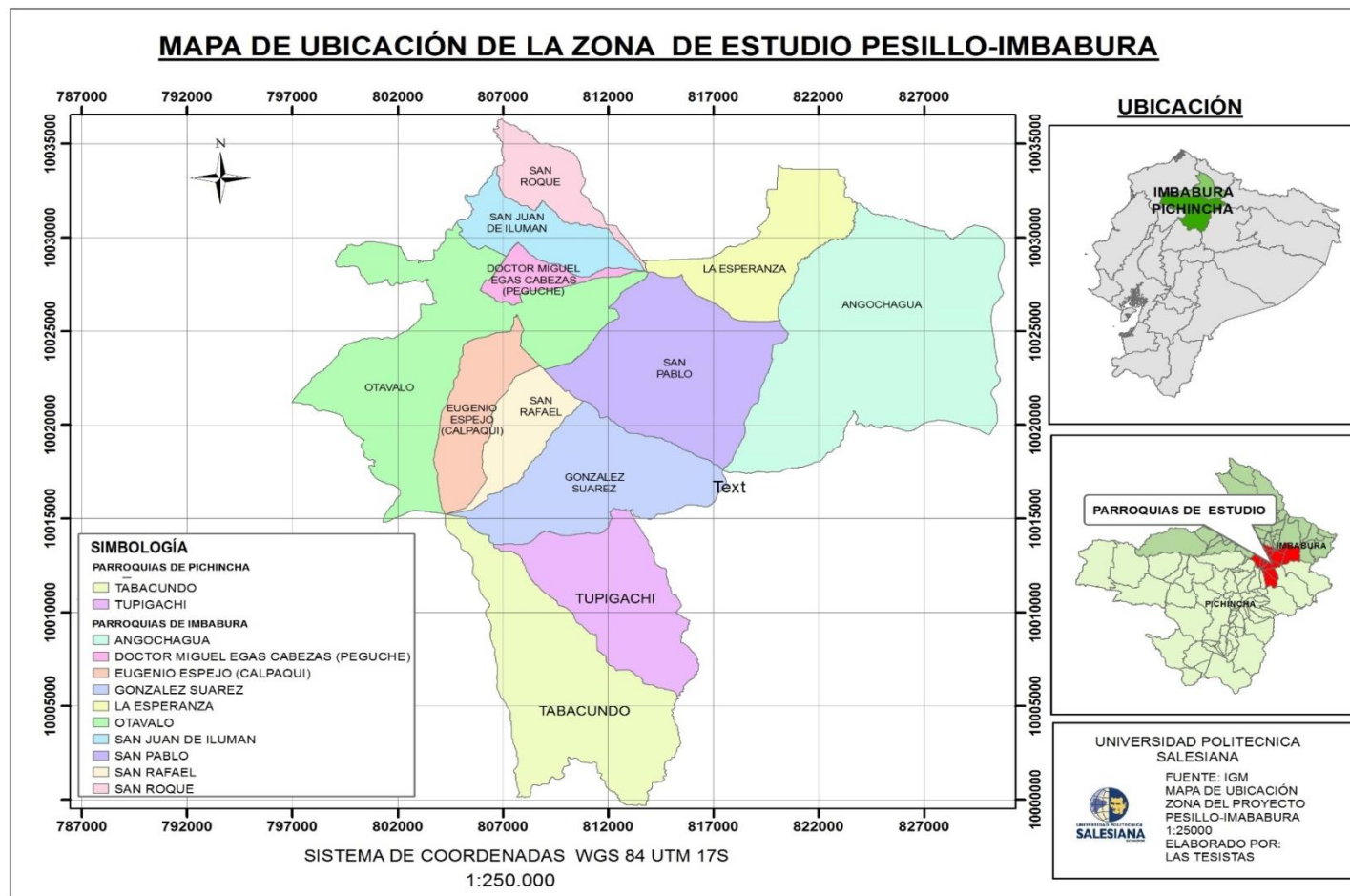


Figura 4. Delimitación político-administrativa del área de estudio en la zona Pesillo-Imbabura

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

3.2 Ubicación geográfica

La zona de estudio geográficamente se encuentra ubicada en la cordillera Norte de los Andes, en las provincias de Pichincha e Imbabura; en las coordenadas UTM X: 802062-827951 Este y UTM Y: 10033746 y 10006857 Norte (Sistema de Coordenadas WGS 84 UTM 17 S).

3.3 Caracterización de medio físico

El área de estudio abarca cuatro cantones como son: Pedro Moncayo, Otavalo, Ibarra y Antonio Ante; el primero perteneciente a la provincia de Pichincha y los tres restantes pertenecientes a la provincia de Imbabura; por lo que los datos presentados corresponden a la estación meteorológica Otavalo, que es la más cercana al área de estudio, misma que se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas: Latitud. $0^{\circ}14'36''N$ y Longitud $78^{\circ}15'0''W$ y a una altura de 2550 metros sobre el nivel del mar (INAMHI, 2013, pág. 46).

3.3.1 Clima

La zona de estudio se encuentra entre los 2100 y los 3900 msnm en la cordillera de norte de los Andes; por lo que en este sector se presenta dos tipos de clima característicos de la región interandina, el clima ecuatorial meso térmico semi-húmedo y el clima ecuatorial de alta montaña.

3.3.1.1 Clima ecuatorial mesotérmico semi-húmedo

El clima ecuatorial mesotérmico semi-húmedo es el clima más frecuente en la región andina, a excepción de las zonas con una altura mayor a los 3000-3200 m y de algunos valles. La pluviometría anual, distribuida en dos estaciones lluviosas, está comprendida entre 500 y 2000 mm. Las temperaturas medias se sitúan entre 10 y $20^{\circ}C$ y la humedad relativa entre el 65 y el 85 % (Gordillo, 2009, párr. 18).

3.3.1.2 Clima ecuatorial de alta montaña

El clima ecuatorial de alta montaña, se caracteriza por estar siempre ubicado sobre los 3000 m de altura. La temperatura media depende de la altura pero fluctúa alrededor de $8^{\circ}C$, con máximos que raras veces rebasan los $20^{\circ}C$ y mínimos que pueden ser inferiores a $0^{\circ}C$. La pluviometría anual es variable, comprendida entre 1000 y 2000 mm según la altura y la exposición de las vertientes. Las lluvias diarias

son generalmente de larga duración pero con débiles intensidades y la humedad relativa es casi siempre mayor al 80 %. En la zona más baja, la vegetación natural es de tipo matorral y en la superior está compuesta por una espesa manta herbácea frecuentemente saturada de agua, denominada páramo (Gordillo, 2009, párr. 20).

3.3.2 Precipitación

Los datos de precipitación que se registraron en la estación meteorológica Otavalo en el año 2011, muestran una precipitación promedio anual de 1193,2mm, no obstante la precipitación se va incrementando a medida que se va acercando al sector de Cajas Mojanda registrando una precipitación hasta los 1746mm (INAMHI, 2013, pág. 46).

Debido al incremento de la precipitación en la zona de Mojanda, se estima una lluvia anual de 1705 mm a 3680 metros de altura. Sin embargo en Otavalo las precipitaciones oscilan entre los 825 y 2106 mm al año, siendo la zona con menor precipitación el área de la cuenca del lago San Pablo (Cevallos, 2011, pág. 133).

3.3.3 Temperatura

Según los datos obtenidos por la estación Otavalo en el año 2011, se registra que la temperatura anual para el área de estudio es de 14.3°C. Siendo la máxima temperatura anual de 21,4°C y mínima de 7,9°C (INAMHI, 2013, pág. 46).

En el registro de datos tomados mensualmente, se pudo distinguir en que meses existe incremento o disminución de temperatura, en el cual se evidencia que el mes de noviembre, es el mes más caluroso registrando una temperatura de 22,9°C, y por el contrario el mes de agosto la temperatura se disminuye a 6,7°C.

3.3.4 Viento

Según los datos meteorológicos registrados por la estación Otavalo del INAHMI para el año 2011 se puede analizar, que en el área de estudio la velocidad de viento es casi constante, manteniéndose alrededor de los 10m/s por lo que se registra una velocidad media anual de 2.0 Km. /h con una tendencia de dirección norte-este.

3.3.5 Hidrografía

A pesar de que la zona de estudio no cuenta con ríos de gran relevancia, se puede encontrar varias quebradas y quebradillas nacientes del cerro Imbabura, Cerro Negro (lagunas de Mojanda) y otras elevaciones menores. Del cerro Negro (Mojanda), nace la quebrada Condorjarca, Mojanda, San José, Caluquí, Anguayo,

Huatsaqui, Avijo, etc.; del cerro Imbabura o “Taita Imbabura”, nace la quebrada de Tambo-Huayco, Ilumán, la Compañía, Abatag, Túquerez, Rumipamba, etc. Además de quebradas y quebradillas, en sector se puede ver depósitos naturales de agua como Las Lagunas de Mojanda ubicadas a 3844 msnm, en el cantón Pedro Moncayo; y el Lago San Pablo ubicado a una altitud de 2670 msnm, en el cantón Otavalo (Cevallos, 2011, pág. 141).

CAPÍTULO 4

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales

- Cronograma de campo
- Ficha de campo
- Equipo GPS
- Cámara fotográfica
- Libreta de apuntes y esfero
- Botas
- Poncho de agua
- Computador
- Software Informático: Arc Gis 10.2
- Orto fotografías escala 1:50000

4.2 Métodos

La presente investigación, analiza la situación de las fuentes hídricas e infraestructura utilizada para el tratamiento de agua de los sistemas comunitarios de agua potable (ScAP), en el ámbito rural de la zona de estudio, en una primera fase en campo, se identificó dentro de los sistemas comunitarios de agua potable, como se manejan varios aspectos como: tipo de fuentes hídricas, medidas de protección y gestión administrativa de las Juntas Administradoras de Agua Potable (JAAP) en materia de conservación y protección de fuentes; asimismo, se analizó el tipo y estado de la infraestructura utilizada en el tratamiento de agua destinada al consumo humano. En una segunda fase, se llevó a cabo un trabajo de gabinete, en el cual se

realizó la digitalización participativa de los sistemas comunitarios de agua potable (ScAP), con los operadores responsables del mantenimiento y operación de los sistemas. En una tercera fase, se realizó la organización, sistematización y análisis de la información, que sirvió de base para desarrollar cada objetivo y elaborar el documento final.

4.2.1 Unidad de estudio

La unidad de estudio comprende 18 sistemas comunitarios de agua potable (ScAP), pertenecientes a 12 juntas regionales de agua potable de las comunidades rurales de la zona del proyecto Pesillo-Imbabura, tal como se observa en la Tabla 5.

Tabla 5.
Sistemas comunitarios de agua potable

Sistema comunitario de agua potable (ScAP)	Junta regional de agua potable
Unidad de estudio	
Sistema Cochaloma	Angla
Sistema Tuquerez-Tomaturu	
Sistema Ugsha	
Sistema Antonio Ante	Antonio Ante
Sistema Karabuela	Karabuela
Sistema Eugenio Espejo	Eugenio Espejo
Sistema Chilco	Ibarra
Sistema Paniquindra-Magdalena	
Sistema Ilumán	Ilumán
Sistema Imbabura	Imbabura-Abatag
Sistema La Bolsa	La Bolsa
Sistema Caluquí	Mojanda-Yanahurco
Sistema Mojanda	
Sistema Loma Gorda	
Sistema San Miguel Alto	San Rafael
Sistema Sumak Yaku	Sumak-Yaku
Sistema San Joaquín	Tabacundo
Sistema San José Alto	

4.2.2 Hipótesis

Para la presente investigación se trabajó basándose en la siguiente interrogante:

Hipótesis de trabajo:

Hi: El estado de las fuentes hídricas, las medidas de protección e infraestructura dentro de los sistemas comunitarios de agua potable en la zona Pesillo-Imbabura inciden en la cantidad de tratamientos necesarios para obtener agua apta para consumo humano.

Hipótesis nula:

Ho: El estado de las fuentes hídricas, las medidas de protección e infraestructura dentro de los sistemas comunitarios de agua potable en la zona Pesillo-Imbabura no inciden en la cantidad de tratamientos necesarios para obtener agua apta para consumo humano.

4.2.3 Variables

Para el estudio se analizaron las siguientes variables:

1. Las fuentes de agua de los sistemas de abastecimiento de agua, dentro de esta variable se analizó:
 - Categoría de la fuente
 - Medidas de protección
 - Gestión administrativa de fuentes
2. La infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua, dentro de esta variable se analizó:
 - Tipo de infraestructura de los ScAP
 - Estado de la infraestructura de los ScAP
 - Tipo de infraestructura de las unidades de tratamiento
 - Actividades de operación y mantenimiento
3. Cobertura de la distribución de agua
4. Sostenibilidad de los Sistemas comunitarios de Agua Potable

4.2.3.1 Fuentes de agua

Para caracterizar la situación actual de las fuentes hídricas de los sistemas comunitarios de agua potable, se llevó a cabo 3 categorizaciones: la primera según el tipo de fuente, área de ubicación de la fuente, cobertura vegetal, vegetación dentro y fuera de la delimitación de la fuente, presencia de contaminantes y continuidad del servicio; la segunda, según las acciones o medidas realizadas para la protección de las fuentes de agua y; la tercera categorización, según la gestión administrativa para el manejo las fuentes de hídricas. Para realizar la categorización de las fuentes hídricas se tomó como referencia la metodología utilizada en el estudio Sistemas de protección de fuentes de agua y su relación con la cantidad y calidad en zonas rurales del cantón Cayambe.

4.2.3.1.1 Primera categorización.- Fuentes de agua de los ScAP

Para determinar la categoría de las fuentes de agua de los ScAP, se utilizó la metodología de análisis multi criterio; para lo cual se elaboró una matriz con criterios lógicos y representativos que describen las fuentes de agua; una vez seleccionados dichos criterios se asignó un peso o valor a cada uno de ellos, dependiendo su magnitud e importancia.

Para la primera categorización se consideró los siguientes criterios: tipo de fuente, área de ubicación, cobertura vegetal, tipo de vegetación dentro y fuera de la delimitación de la fuente, tipo de ecosistema, presencia de contaminantes y abastecimiento de agua en época de verano.

Todos los criterios, excepto el tipo de ecosistema, se analizaron con la ayuda de la ficha de caracterización y medidas de protección de las fuentes hídricas y registros fotográficos y; para identificar el tipo ecosistema, se utilizó el Mapa de ubicación de las fuentes de agua en los ecosistemas de la zona Pesillo-Imbabura, mismo que fue elaborado con los datos registrados en la ficha de georreferenciación y el Mapa de Ecosistemas del Ecuador Continental, través de las herramientas del software ARG-GIS 10.2.

La calificación fue la siguiente manera:

Se estableció rangos de calificación de (1 a 5) para cada uno de los criterios, donde 5 es la mayor calificación y 1 es la peor.

Criterio 1. Tipo de fuente hídrica: a los sistemas comunitarios de agua potable (ScAP) que obtienen su agua de fuentes subterráneas “vertientes” se dio una calificación de 5, debido a que este tipo de fuente presenta mejor calidad y bajas probabilidades de contaminación; a los ScAP que obtienen su agua de fuentes subterráneas y superficiales se dio una calificación de 3, porque son susceptibles de contaminación al encontrarse en canales abiertos; y a los ScAP con fuentes de agua únicamente superficiales se dio una calificación de 2 a 1, dado que requieren de algún tipo de tratamiento.

Criterio 2. Área de ubicación de la fuente: a los sistemas comunitarios de agua potable (ScAP), que tienen sus fuentes ubicadas en bosques nativos, paramos, áreas y reservas protegidas se dio una calificación de 5; a los ScAP que tiene fuentes ubicadas en terrenos de la comunidad, terrenos de la junta, terrenos fuera de la frontera agrícola se dio una calificación de 3 y; a los ScAP cuyas fuentes se encuentren en terrenos privados, tierras productivas, tierras dentro de la frontera agrícola y terrenos poblados se dio una calificación de 2 a 1, por el alto grado de intervención humana.

Criterio 3. Cobertura Vegetal: a los sistemas comunitarios de agua potable (ScAP), en cuyas fuentes se observa una buena cobertura vegetal tanto en los lugares de la captación así como en el entorno o sitios de escurrimiento, se dio una calificación de 5; a los ScAP en cuyas fuentes se observa una cobertura vegetal aceptable, en las captaciones y entorno de las fuentes se dio una calificación de 3 y; a los sistemas en cuyas fuentes se observa una baja o nula cobertura vegetal, se dio una calificación de 2 a 1.

Criterio 4. Vegetación dentro de la delimitación de la fuente: a los sistemas comunitarios de agua potable (ScAP), en cuyas fuentes se observa la presencia de vegetación nativa de la zona, se dio una calificación de 5, a los ScAP en cuyas fuentes se evidencia la presencia de vegetación nativa y exótica, se dio una calificación de 3 y; a los ScAP en cuyas fuentes se evidencia la presencia considerable de plantas exóticas, se dio una calificación de 2 a 1.

Criterio 5. Vegetación del entorno de la fuente: de igual modo que el criterio anterior, a los sistemas comunitarios de agua potable (ScAP), que tienen el entorno de la fuentes con vegetación nativa, se dio una calificación de 5; a los ScAP con

vegetación nativa y exótica, se dio una calificación de 3 y; a los ScAP con presencia notable de plantas exóticas, se dio una calificación de 2 a 1.

Criterio 6. Ecosistema: a los sistemas comunitarios de agua potable (ScAP), con fuentes que se hallen dentro de ecosistemas de alta montaña “herbazal de páramo”, se dio una calificación de 5, puesto que este tipo de ecosistema retiene y regula altas cantidades de agua; a los ScAP cuyas fuentes en el ecosistema “arbustal siempre verde y herbazal de páramo” se dio una calificación de 4; a los ScAP cuyas fuentes se encuentran en un ecosistema “bosque siempre verde montano alto”, se dio una calificación de 3 y; a los ScAP cuyas fuentes se encuentran en ecosistemas intervenidos (ecosistemas artificiales), se dio una calificación de 2 a 1, dependiendo del grado de intervención.

Criterio 7. Contaminación de la fuente: a los sistemas comunitarios de agua potable (ScAP), en cuyas fuentes se encontró baja presencia de contaminantes orgánicos como hojarasca, palos, excretas de animales y nula presencia de inorgánicos como plástico, papel, vidrio, etc., se dio una calificación de 5; a los ScAP con fuentes en la que se ha encontrado baja presencia de contaminantes orgánicos e inorgánicos, se dio una calificación de 3 y; a los ScAP con fuentes que presentan alta presencia de contaminantes inorgánicos y orgánicos, se dio una calificación de 2 a 1.

Criterio 8. Abastecimiento de agua en época de verano (continuidad del servicio): a los sistemas comunitarios de agua potable (ScAP), que tienen el servicio de agua potable de manera continua (todo el día) en época de verano, se dio una calificación de 5; a los ScAP que tienen el servicio de agua potable de manera interrumpida (medio día) en época de verano, se dio una calificación de 4; a los ScAP que tienen el servicio de agua potable de manera interrumpida (pasando un día) en época de verano, se dio una calificación de 3, a los ScAP que tienen el servicio de agua potable de manera interrumpida (dos días a la semana) en época de verano, se dio una calificación de 2 y; a los ScAP que tienen el servicio de agua potable de manera interrumpida (pasando una semana) en época de verano, se dio una calificación de 1.

Una vez establecida la calificación para cada criterio, se realizó la valoración de las fuentes hídricas de los ScAP; una vez obtenidos estos resultados, la categoría fue asignada tal como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6.
Categorización de las fuentes de agua

Rango	Categoría	Descripción
81%-100%	A	Las fuentes de los ScAP categoría A, son fuentes subterráneas ubicadas en páramos, bosques nativos, áreas protegidas, se encuentran dentro de ecosistemas de alta montaña como: Herbazal de páramo. Son fuentes con buena cobertura vegetal, tanto en las captaciones como en su entorno y lugares de escurrimiento de agua; así como también, son fuentes con suficiente caudal para dar abastecer a las comunidades las 24 horas del día y sin interrupciones. Además estas fuentes, presentan baja presencia de contaminantes orgánicos e inorgánicos.
61%-80%	B	Las fuentes de los ScAP categoría B o C, son fuentes superficiales ubicadas en terrenos de la comunidad o de la junta, tienen una cobertura vegetal aceptable o baja; además de presentar contaminantes en las captaciones y plantas exóticas al entorno. En este tipo de fuentes, el caudal recolectado no abastece a las comunidades regularmente en época de verano, por lo que el servicio es interrumpido.
41%-60%	C	
0%-40%	D	Las fuentes de los ScAP categoría D, son fuentes superficiales ubicadas en terrenos dentro de la frontera agrícola, terrenos privados o centros poblados, tienen una cobertura vegetal baja o nula; además de presentar alta presencia de contaminantes en las captaciones y plantas exóticas al entorno. En este tipo de fuentes, el caudal recolectado no abastece a las comunidades en época de verano, por lo que el servicio es pésimo e interrumpido.

Nota. Datos obtenidos de la tesis: Sistemas de protección de fuentes de agua y su relación con la cantidad y calidad en zonas rurales del cantón Otavalo. Fuente: (León, 2013, pág. 83).

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

4.2.3.1.2 Segunda categorización.- Medidas de protección de fuentes de agua

Un sistema comunitario de agua potable debe tener ciertas medidas básicas necesarias para la protección de sus fuentes hídricas, como: mantener cercada la fuente, mantener una superficie protegida y libre de actividad antrópica, tener un cortafuegos, disminuir y controlar la carga animal, realizar mingas para la limpieza de las fuentes y caminos.

La evaluación de las medidas de protección se realizó a través de una metodología matricial, para lo cual se elaboró una matriz con todas las actividades recomendadas para proteger y conservar las zonas de recarga hídrica. Si en el ScAP, se evidencia el cumplimiento de todas las medidas de protección de fuentes hídricas tendrá una calificación de 100% y, el porcentaje va disminuyendo según el número de actividades que se ejecuten.

Una vez generado el porcentaje de cumplimiento de las medidas de protección de los ScAP, la categoría fue asignada tal como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7.

Categorización de los ScAP acorde a las medidas de protección de las fuentes de agua

Rango	Categoría	Descripción
81%-100%	A	Las medidas de protección de las fuentes hídricas, son categoría A, cuando la Junta encargada realiza todas las actividades necesarias para mantener protegida la fuente, como: mantener las fuentes cercadas, realizar cortafuegos, controlar la carga animal y realizar la limpieza de los caminos.
61%-80%	B	Las medidas de protección de las fuentes hídricas, son categoría B o C, según el número de actividades que realice la junta encargada del sistema de agua potable; es decir, si la Junta no realiza una o varias de las actividades antes descritas será categoría B o C.
41%-60%	C	
0%-40%	D	Se le asigna la categoría D, a aquellos ScAP cuyas juntas no realizan actividades para la protección y conservación de las fuentes.

Nota. Datos obtenidos de la tesis: Sistemas de protección de fuentes de agua y su relación con la cantidad y calidad de agua en zonas rurales del cantón Otavalo. Fuente: (León, 2013, pág. 84).

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

4.2.3.1.3 Tercera categorización.- Gestión administrativa de los ScAP para la protección y conservación de fuentes

La categorización de la gestión administrativa para la protección y conservación de fuentes hídricas, se realizó de manera similar al ítem anterior; con la diferencia de que en este punto se tomó en cuenta las acciones realizadas por las juntas regionales de agua para la protección y conservación de las fuentes hídricas; es decir, se consideró si las juntas tienen un plan de manejo de fuentes, si destinan recursos para el cuidado y protección de fuentes, presenta interés y participación en las actividades de protección de fuentes y si las juntas tienen un reglamento en el cual se estipulen las sanciones para las personas que dañen las fuentes.

Los sistemas de agua potable de las Juntas Regionales en los cuales se evidencia el cumplimiento de todas las acciones administrativas requeridas para el buen manejo de las fuentes hídricas, tendrá una calificación de 100% y; dicha calificación ira disminuyendo, según el número de acciones realizadas por las Juntas Regionales de Agua, responsables de los ScAP.

Se realizó una categorización del porcentaje de acciones realizadas en la gestión administrativa de las fuentes hídricas de los ScAP, las categorías fueron asignadas tal como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8.

Categorización de la gestión administrativa de los ScAP para la protección y conservación de fuentes

Rango	Categoría	Descripción
81%-100%	A	Son categoría A, los sistemas en los cuales se cumple con las gestiones administrativas requeridas para el buen manejo de las fuentes hídricas; es decir, la junta responsable del ScAP tiene un plan de manejo, destina recursos económicos para el cuidado y protección de las fuentes, tiene un reglamento interno en el cual se estipulen sanciones para las personas que dañen los páramos o fuentes, existe interés y participación por parte de los usuarios en temas de protección y conservación de fuentes.
61%-80%	B	Son categoría B o C, aquellos sistemas en los cuales se cumple parcialmente las gestiones administrativas requeridas para el buen manejo de las fuentes hídricas, es decir; no cumplen con las una o más de las gestiones antes descritas.
41%-60%	C	
0%-40%	D	Son categoría D, aquellos sistemas que no realizan gestión administrativa alguna para el cuidado y protección de las fuentes hídricas.

Nota. Datos obtenidos de la tesis: Sistemas de protección de fuentes de agua y su relación con la cantidad y calidad en zonas rurales del cantón OtavaloFuente: (León, 2013, pág. 114).

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

4.2.3.2 Infraestructura de los sistemas comunitarios de agua potable (ScAP)

4.2.3.2.1 Cuarta categorización.- Tipo de infraestructura de los ScAP

De igual manera que en la categorización de las fuentes de agua, para determinar la categoría de la infraestructura de los ScAP se utilizó la metodología de análisis multi criterio; para lo cual se elaboró una matriz con criterios lógicos y representativos, que describen el sistema de agua potable; una vez seleccionados los criterios se asignó un peso o valor a cada uno de ellos, dependiendo su magnitud e importancia.

Para realizar la categorización del tipo de infraestructura se tomó en cuenta los siguientes criterios.

Criterio 1. Componentes: se dio una calificación de 5, a los sistemas que tienen todos los componentes que requiere un ScAP (acorde al tipo de sistema) para su correcta operación y; la calificación va bajando hasta 1 si no cuenta con uno más de ellos.

Criterio 2. Material de construcción: se dio una calificación de 5, a los sistemas cuyos componentes fueron construidos con el material apropiado y; la calificación va bajando hasta 1, si uno o más componentes no está construido con el material apropiado.

Criterio 3. Planta de tratamiento: se dio una calificación de 5 a los sistemas cuyas plantas o tanques de tratamiento tienen todas las unidades operativas y funcionan de manera correcta y; la calificación va bajando hasta 1 si una o más unidades no están operativas o no funcionan de manera correcta.

Criterio 5. Línea de conducción desde las captaciones hasta las viviendas: se dio una calificación de 5, a los sistemas que utilizan las tuberías con el material y tamaño requerido para transportar el agua y; la calificación se reduce hasta 1 si las tuberías no son del material y tamaño requerido para conducir el agua.

Criterio 6. Estado de la infraestructura del sistema: se dio una calificación de 5 a los sistemas que mantienen su infraestructura en buen estado (B), 3 a los ScAP que tiene su infraestructura en condiciones regulares (M), 2 a los ScAP cuya infraestructura está en mal estado (R) y 1 a los SAP que tienen su infraestructura en pésimas condiciones (P). Datos obtenidos de la categorización del estado de los ScAP.

Una vez establecida la calificación para cada criterio, se obtuvo la valoración de la infraestructura de los ScAP; una vez obtenidos los resultados, la categoría fue asignada tal como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9.
Categorización de la infraestructura de los ScAP

Rango	Categoría	Descripción
81%-100%	A	La categoría A, representa a los ScAP que cuentan con todos los componentes necesarios para su buen funcionamiento, acorde al tipo de sistema al cual se asemeja; las estructuras están construidas con el material más apropiado y se encuentran en buen estado, está completamente operativo; las tuberías son del material y tamaño apropiado para transportar el agua.
61%-80%	B	Son categoría B o C, aquellos sistemas que no cuentan con todos los componentes necesarios para su buen funcionamiento, están en proceso de deterioro, las tuberías son del material y tamaño apropiado para transportar el agua en condiciones seguras e higiénicas.
41%-60%	C	
0%-40%	D	Son categoría D, aquellos sistemas que no deberían estar operativos, puesto que no cuentan con los componentes necesarios para mantener operativo el sistema o dichos componentes están muy deteriorados.

Nota. Datos obtenidos de la tesis: Infraestructura de los sistemas de agua potable y su relación con la cantidad y calidad de agua en zonas rurales del cantón Cayambe. Fuente: (Alvarez & Muenala, 2013, pág. 133).

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

4.2.3.2.2 Quinta categorización.- Estado de la infraestructura de los ScAP

Para determinar el estado de la infraestructura general de los sistemas comunitarios de agua potable (ScAP), se utilizó como metodología una lista de chequeo “Check List”, en la cual, se colocó una serie de ítems que evidencian el buen mantenimiento del sistema. La calificación se realizó de la siguiente manera: si el sistema cumple con todos los ítems tendrá una calificación del 100%, en caso de no cumplir uno o más la calificación ira disminuyendo. La calificación se realizó de manera individual para cada componente del sistema comunitario de agua y para conocer el resultado final del estado general de la infraestructura de los ScAP, se realizó un promedio con los resultados obtenidos de cada componente.

En la Tabla 10 se presenta los ítems establecidos para determinar el estado de la infraestructura de cada componente del ScAP.

Tabla 10.

Indicador del estado de cada componente de los ScAP

Componente	Indicador
Captación	Tapa sanitara en buenas condiciones
	Tubería de desagüe despejada
	Pintura en buen estado
	Protegida
	Tiene elementos de seguridad (candados)
	Se realiza mantenimiento periódico
Línea de conducción	Cubierta
	Corrección de fugas periódica
Tanques rompe presión	Tubería de desagüe despejada
	Pintura en buen estado
	Dispositivos de seguridad
	Válvulas en buenas condiciones
	Mantenimiento periódico
Planta de tratamiento	Tapas sanitarias en buenas condiciones
	Cerramiento
	Dispositivos de seguridad
	Pintura en buen estado
	Mantenimiento periódico
<i>Reservorios/tanques almacenamiento</i>	<i>de</i> Cerramiento
	Dispositivos de seguridad

	Pintura en buen estado
	Tapas sanitarias en buenas condiciones
	Mantenimiento periódico
<i>Red de distribución</i>	Revisión permanente
	Tubería cubierta
	Mantenimiento periódico
<i>Conexiones domiciliarias</i>	Revisiones periódicas
	Medidores en buen estado

Nota. Datos obtenidos de la guía para operadores y operadoras del sistema. Fuente: (Aguilar & Ballesteros , 1995, pág. 34).

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

Una vez obtenido el resultado final del estado de la infraestructura se asignó una categoría para cada ScAP, tal como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11.

Categorización del estado de infraestructura ScAP

Rango	Categoría	Descripción
81%-100%	Bueno (B)	Son categoría A, los sistemas que están en buen estado, puesto que reciben mantenimiento periódico.
61%-80%	Regular (R)	Son categoría B o C, aquellos sistemas en los cuales se evidencia un proceso de deterioro, puesto que no reciben mantenimiento periódico.
41%-60%	Malo (M)	
0%-40%	Pésimo (P)	Son categoría D, aquellos sistemas que están deteriorados de manera considerable y se encuentran en pésimas condiciones.

Nota. Datos obtenidos de la guía para operadores y operadoras del sistema. Fuente: (Aguilar & Ballesteros , 1995, pág. 38).

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

4.2.3.3 Infraestructura de las unidades de tratamiento

4.2.3.3.1 Sexta categorización.- Tipo unidades de tratamiento

Para determinar la categoría de la infraestructura de las unidades utilizadas para el tratamiento de agua, se utilizó la metodología de análisis multi criterio; para lo cual se elaboró una matriz con criterios lógicos y representativos, que describen las unidades de tratamiento de un sistema de agua potable convencional; una vez seleccionados los criterios se asignó un peso o valor a cada uno de ellos, dependiendo su magnitud e importancia.

Para realizar la categorización del tipo de infraestructura de las unidades de tratamiento se tomó en cuenta los siguientes criterios.

Criterio 1. Unidades de tratamiento: se dio una calificación de 5, a los sistemas que tienen todas las unidades de tratamiento que requiere un ScAP (acorde al tipo de sistema) para obtener agua de buena calidad y; la calificación va bajando hasta 1 si no cuenta con uno más de las unidades.

Criterio 2. Material de construcción: se dio una calificación de 5, a los sistemas cuyas unidades fueron construidos con el material apropiado y; la calificación va bajando hasta 1 si una o más unidades, no está construida con el material apropiado.

Criterio 3. Procesos de tratamiento: se dio una calificación de 5, a los sistemas que realizan todos los procesos necesarios para obtener agua de buena calidad y; la calificación va bajando hasta 1 si una o más unidades, no están operativas o no funcionan de manera correcta.

Criterio 4. Sub-utilización de los recursos (unidades de tratamiento): se dio una calificación de 5, a los sistemas que tienen y utilizan de manera correcta todas las unidades de tratamiento de agua destinada para el consumo humano y; la calificación se reduce hasta 1, si no se utiliza el recurso a pesar de disponer del mismo.

Criterio 5. Estado de la infraestructura de las unidades de tratamiento: se dio una calificación de 5, a los sistemas que mantienen la infraestructura en buen estado, 3 a los ScAP que tiene su infraestructura en condiciones regulares; 2 a los ScAP cuya infraestructura está en mal estado y; 1 a los SAP que tienen su infraestructura en pésimas condiciones. Para determinar si el estado de la infraestructura es bueno, malo, regular o pésimo, previamente se realizó un análisis multi criterio de cada uno de las unidades.

Una vez establecida la calificación para cada criterio, se realizó la valoración final de la infraestructura de las unidades de tratamiento de los ScAP; obtenidos estos resultados la categoría fue asignada, tal como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12.
Categorización de la infraestructura ScAP

Rango	Categoría	Descripción
81%-100%	A	Son categoría A, los sistemas que cuentan con todas las unidades de tratamiento acorde al tipo y calidad de la fuente, las unidades están construidas con el material más apropiado, realizan los procesos de tratamiento necesario para brindar agua de buena calidad (especialmente el proceso de desinfección), los recursos son utilizados eficientemente y las unidades se mantiene en buen

		estado.
61%-80%	B	Son categoría B o C, los sistemas que no cuentan con una o varias unidades necesarias para tratar el agua, no han sido construidas con el material apropiado, no realizan los procesos de purificación. Asimismo reciben esta categoría los sistemas cuyas unidades están en proceso de deterioro.
41%-60%	C	
0%-40%	D	Son categoría D, aquellos sistemas que a pesar de tener fuentes superficiales que requiere ser purificada, no realizan el proceso de desinfección. No tiene unidad de tratamiento alguna o las unidades están muy deterioradas.

Nota. Datos obtenidos de la tesis: Infraestructura de los sistemas de agua potable y su relación con la cantidad y calidad de agua en zonas rurales del cantón Cayambe. Fuente: (Alvarez & Muenala, 2013, pág. 152).

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

4.2.3.4 Actividades de operación y mantenimiento

4.2.3.4.1 Séptima categorización.- Actividades de operación y mantenimiento

Se enlisto las actividades de operación y mantenimiento, que se llevan a cabo en cada uno de los componentes del sistema. La calificación se realizó de la siguiente manera: si el sistema cumple con todas las actividades tendrá una calificación del 100% y; si no realiza una o más actividades, la calificación ira disminuyendo.

Una vez obtenido el resultado final, se categorizó cada sistema, tal como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13.

Categorización de las actividades de operación y mantenimiento de los ScAP

Rango	Categoría	Descripción
81%-100%	Realiza todas las actividades	Los sistemas que ejecutan las actividades necesarias para mantener el sistema operativo y en buenas condiciones.
61%-80%	Realiza casi todas las actividades	Aquellos sistemas en los cuales no se ejecuta un todas las actividades para mantener el sistema operativo.
41%-60%	Realiza algunas actividades	
0%-40%	No realiza actividades	Sistemas en los cuales realiza pocas o nulas actividades de operación y mantenimiento de sistema.

Nota. Actividades que permiten mantener operativo el sistema. Fuente: (Alvarez & Muenala, 2013, pág. 154).

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

4.2.3.5 Cobertura de los sistemas de abastecimiento de agua

Para esta variable, en una primera fase, se realizó levantamiento de la información en campo, con la colaboración de los operadores de cada uno de los sistemas de las

juntas regionales de agua. Se utilizó como herramienta principal un GPS para georeferenciar los componentes del sistema (captación, planta de tratamiento, tanques de almacenamiento y red de distribución), los datos fueron registrados en la ficha de georreferenciación. En la segunda fase de campo-gabinete, se digitalizó los mapas de cada sistema comunitario de agua potable (ScAP) con la colaboración de los operadores de los ScAP. Para la digitalización de los sistemas, se utilizó las herramientas de la aplicación ARC MAP del software ARG-GIS 10.2 y orto fotografías de la zona de estudio escala 1: 50000.

Para en la elaboración de los mapas temáticos, se tomaron en cuenta dos criterios: el primero, la identificación de los componentes del sistema y el segundo la identificación de las redes (conducción, distribución principal y secundaria). Una vez trazadas las redes de distribución principal y secundaria, se procedió a identificar el área de cobertura del sistema.

Para calcular la cobertura de la distribución de agua potable de los ScAP, se realizó una relación entre el número de usuarios (medidores) y el área (en kilómetros cuadrados) que abarca la red de distribución principal y secundaria de los sistemas comunitarios de agua potable. Los resultados se visualizan en el mapa temático: Cobertura de distribución de los ScAP en la zona Pesillo-Imbabura.

4.2.3.6 Sostenibilidad de los Sistemas comunitarios de Agua Potable

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento(2003) en el ámbito de sostenibilidad de los ScAP, define cuatro niveles de sostenibilidad: sistemas sostenibles, sistemas en proceso de deterioro, sistemas en grave proceso de deterioro y sistemas colapsados.

Para determinar la sostenibilidad de los diferentes sistemas comunitarios de agua potable (ScAP), se parte de los tres ámbitos que la componen: componente social, componente ambiental y componente económico (véase Tabla 14). Este último, ha sido considerado desde el punto de vista de inversión económica en infraestructura, operación y mantenimiento de los ScAP. En la Tabla 14, se observa los indicadores de sostenibilidad.

Tabla 14.
Indicadores de sostenibilidad

Componente	Indicador
------------	-----------

Social	Gestión administrativa para la protección y conservación de las fuentes de agua Continuidad del servicio (abastecimiento de agua en época de verano) Cobertura del servicio
Económico (inversión)	Estado de la infraestructura de los ScAP Tipo de infraestructura de los ScAP Tipo de unidades de tratamiento Actividades de operación y mantenimiento
Ambiental	Tipo de fuentes de agua Medidas de protección de las fuentes de agua

Nota. Análisis de la sostenibilidad. Fuente: (Unidad de Gestión del Proyecto Programa Nacional de Agua y Saneamiento Rural (UGP-PRONASAR), 2003, págs. 70-72).

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

Una vez establecidos los indicadores de sostenibilidad para cada componente (social, económico y ambiental), a cada indicador se le asignó un valor o peso (1 a 4), dependiendo de la categoría asociada a cada variable o indicador.

La definición de los niveles de sostenibilidad se observa en la Tabla 15.

Tabla 15.

Niveles de sostenibilidad

Puntaje/36 ptos	Nivel de sostenibilidad	Descripción
>=30	Sostenible	Se definen como tal, a aquellos sistemas que cuentan con fuentes de buena calidad, tienen medidas de protección y realizan acciones encaminadas a la conservación de las fuentes de agua; asimismo, cuentan con la infraestructura en óptimas condiciones y brindan un servicio de calidad, cantidad y continuidad. Además son sistemas con una buena cobertura de servicio.
20-30	En proceso de deterioro	Son sistemas que muestran una tendencia negativa tanto en el aspecto de organización (mala gestión y falta de ejecución de actividades de operación y mantenimiento), como en el estado de la infraestructura (deterioro de los componentes), presentan interrupciones en la continuidad del servicio.
10-20	En grave proceso de deterioro	Son sistemas que muestran una desorganización casi total. No se observa la participación de la comunidad. Las actividades de operación y mantenimiento no se llevan a cabo, de hacerlo es en forma eventual. Las fallas o daños en las infraestructura son mayores.
<10	Colapsado	Son sistemas abandonados que no brindan servicios.

Nota. Los niveles de sostenibilidad fueron tomados del estudio de base para la implementación de proyectos de agua y saneamiento sin embargo se realizó una modificación de los rangos. Fuente: (Unidad de Gestión del Proyecto Programa Nacional de Agua y Saneamiento Rural (UGP-PRONASAR), 2003, págs. 70-72).

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

CAPITULO 5

MANEJO ESPECÍFICO DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio, se llevó a cabo desde la línea de investigación del Manejo Sostenible e Integral del suelo y del agua perteneciente al Centro de Investigación en Modelamiento Ambiental (CIMA) de la Universidad Politécnica Salesiana; el cual, contribuyó con los materiales necesarios para la ejecución de la misma, además se contó con el apoyo brindado por parte de los compañeros directivos, operadores y personas encargadas de los diferentes sistemas comunitarios de agua que conforman el proyecto Pesillo-Imbabura.

A continuación se describe detalladamente los pasos seguidos para el cumplimiento de cada variable.

5.1 Validación de la fichas de campo

Se realizó una reunión con los compañeros presidentes de las juntas del proyecto Pesillo Imbabura, en la ciudad de Otavalo, en la cual se validó las fichas de campo denominadas: caracterización y medidas de protección de fuentes hídricas, caracterización de la infraestructura, operación y mantenimiento del sistema y; georreferenciación. En conjunto se realizaron las correcciones necesarias a las fichas de campo, para descartar información innecesaria para el estudio (véase anexo 1,2 y 3).

- Elaboración del cronograma de salidas de campo para la visita de fuentes e infraestructura de los sistemas comunitarios de agua

Se elaboraron dos cronogramas que se realizaron tanto en invierno como en verano con el fin de visitar las fuentes hídricas y la infraestructura de los diferentes sistemas comunitarios agua potable (ScAP), el propósito de elaborar dichos cronogramas, es para poner en conocimiento a los directivos de los sistemas comunitarios, el día y la hora que se va a realizar la visita y la caracterización tanto de fuentes hídricas como la identificación de la infraestructura.

5.2 Fuentes hídricas

Para poder realizar la caracterización de las fuentes hídricas, se contó con la movilización brindada por la Universidad Politécnica Salesiana (UPS) y la

colaboración de los compañeros dirigentes de cada Sistema comunitario de Agua Potable (ScAP).

- Aplicación de la ficha de Caracterización y medidas de Protección de las fuentes hídricas

Con la ayuda de los compañeros operadores se recolectó información del tipo y ubicación de la fuente, la vegetación existente dentro y alrededor de la fuente además si existe contaminación en el entorno de la fuente y las acciones administrativas y medidas de protección que realizan los dirigentes de los diferentes Sistemas comunitarios de Agua Potable (ScAP), para la conservación de las fuentes y zonas de recarga hídrica.

- Caracterización de la fuente hídrica

Para levantar la información de las fuentes hídricas, se utilizó GPS, cámara fotográfica, la ficha de georreferenciación y caracterización de la fuente hídrica; en la primera ficha, se georeferenció la ubicación de las fuentes y; en la segunda ficha, se describió el tipo de fuente (superficial o subterránea), el tipo de vegetación dentro y fuera de la delimitación de la fuente, la ubicación, la contaminación ambiental y las medidas utilizadas para la protección de las fuentes. Con la cámara fotográfica se registró la flora existente alrededor de la fuente.

Para caracterizar la situación actual de las fuentes hídricas de los sistemas comunitarios de agua potable, se llevó a cabo 3 categorizaciones: la primera según el tipo de fuente, área de ubicación de la fuente, cobertura vegetal, vegetación dentro y fuera de la delimitación de la fuente, presencia de contaminantes y continuidad del servicio; la segunda, según las acciones o medidas realizadas para la protección de las fuentes de agua y; la tercera categorización, según la gestión administrativa (acciones) para el manejo las fuentes de hídricas.

- Procesamiento de la información

Con los datos recolectados de la aplicación de la ficha de caracterización y medidas de protección de las fuentes hídricas, se creó una base de datos en el programa Microsoft Excel, se procedió a digitalizar toda la información, en el mismo programa y se generó tablas de resultados para su posterior análisis e interpretación.

Aplicación de la ficha de caracterización y medidas de protección

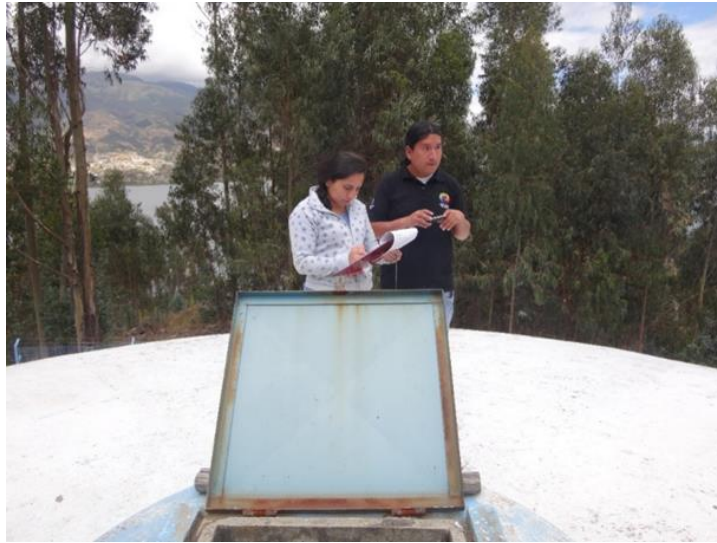


Figura 5. Aplicación de la ficha de caracterización y medidas de protección.
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

5.3 Infraestructura, unidades de tratamiento, y actividades de operación y mantenimiento de los sistemas comunitarios de agua potable

- Aplicación de la ficha de caracterización de la infraestructura, operación y mantenimiento de los ScAP

Para realizar el recorrido de cada sistema se contó con la movilización brindada por la UPS y con la colaboración de los compañeros operadores o dirigentes de cada sistema.

Se levantó la información necesaria de los 18 sistemas comunitarios de agua potable (ScAP), recorriendo los puntos principales, cuyo recorrido fue desde la captación hasta la red de distribución, en el recorrido se observó y registró el tipo y estado físico de cada uno de los componentes del sistema. En la misma ficha, se levantó la información correspondiente a las actividades ejecutadas por los operadores de los ScAP en cada uno de los componentes y la frecuencia de ejecución de las mismas.

Aplicación de la ficha de caracterización de la infraestructura, operación y mantenimiento



Figura 6. Aplicación de la ficha de caracterización de la infraestructura, operación y mantenimiento.
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

- Caracterización del sistema comunitario de agua (ScAP)

Para el desarrollo de esta variable, como primer paso, se identificó el tipo de sistema convencional de abastecimiento de agua rural. Una vez conocido el tipo de sistema, se realizó la descripción general de la infraestructura de los ScAP; para lo cual, se contó con la colaboración de los operadores de los sistemas; como herramienta de recopilación de información se utilizó, la ficha de caracterización de la infraestructura, operación y mantenimiento de los ScAP y el registro fotográfico de cada componente. Para realizar la categorización del tipo y estado de la infraestructura, se tomó como referencia la metodología utilizada en el estudio de Infraestructura de los sistemas de agua potable y su relación con la cantidad y calidad de agua en zonas rurales del cantón Cayambe.

Dentro de la ficha, se detalló los siguientes componentes:

- Captación
- Conducción
 - Tanque rompe presión
 - Válvulas

- Planta de tratamiento
- Reservorios/tanques de almacenamiento
- Red de distribución

Cada uno de los componentes, fue descrito con la finalidad de tener una idea general de la infraestructura de los ScAP. En la descripción, se consideró importante conocer: el tipo de material de construcción, la forma de los tanques, el tipo de tubería utilizada para transportar el agua desde las captaciones hasta los hogares, etc. La información recopilada por cada componente se detalla a continuación:

En la captación, se describió el material de construcción y si tiene o no rejillas (barras de hierro, mallas de alambre, otros) que impidan el paso de sólidos de gran tamaño; en la línea de conducción, desde la captación hasta el usuario final o vivienda se determinó el tipo de tubería de la conducción, distribución principal, distribución secundaria y el tipo de tubería de las acometidas domiciliarias; en los tanques rompe presión, se determinó el tipo de material de construcción y si dispone de compuertas y tuberías de desagüe.

En las plantas de tratamiento, se identificó si el sistema cuenta o no con la infraestructura requerida para realizar los procesos de tratamiento (tanques sedimentadores, filtros lentos y tanques de almacenamiento).

En las acometidas domiciliarias, se verificó componentes como: medidores de agua, elementos de toma (T o abrazadera), elementos de control (válvulas de paso) y si se tiene conexiones al interior de la vivienda.

- Caracterización de las unidades de tratamiento

Una vez analizado el estado y tipo de infraestructura general de los sistemas comunitarios de agua potable, se procedió a caracterizar las unidades utilizadas en los procesos de tratamiento de agua destinada para consumo humano. Para ello, se describió cada una de las unidades de tratamiento; en la descripción se consideró: material de construcción (concreto armado o simple), tipo de tanques (enterrado, semienterrado o elevado), la forma de los tanques (circulares, cuadrados o rectangulares) y tipo de construcción de las casetas de cloración. Además, se verificó si las unidades de tratamiento son utilizadas de modo eficiente, o están siendo subutilizadas. Para recabar esta información se utilizó la ficha de caracterización de la infraestructura, operación y mantenimiento de los ScAP, y registros fotográficos.

En la Figura 7 se visualiza la aplicación ficha de infraestructura, operación y mantenimiento del ScAP, a la junta regional Mojanda-Yanahurco.

Las unidades de tratamiento, se enlistan a continuación:

- Pre-filtro
- Tanque desarenador
- Tanque sedimentador
- Tanques de filtración
- Caseta de cloración y sistema clorador
- Tanque de almacenamiento o reservorio de agua tratada

Aplicación de la ficha de infraestructura, operación y mantenimiento



Figura 7. Aplicación ficha de infraestructura, operación y mantenimiento ScAP de la junta regional Mojanda-Yanahurco.

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

- Caracterización de las actividades de operación y mantenimiento

Para el desarrollo de esta variable, se utilizó la ficha de caracterización de la infraestructura, operación y mantenimiento, con la cual se levantó una base de datos sobre las actividades ejecutadas por los operadores de los ScAP.

Las actividades de operación y mantenimiento, sirven para contrastar el estado de la infraestructura de los sistemas comunitarios de agua potable.

- Procesamiento de la información

Con los datos recolectados en la aplicación de la ficha de caracterización de la infraestructura, operación y mantenimiento del sistema, se creó una base de datos en el programa Microsoft Excel, se procedió a digitalizar toda la información, en el mismo programa se generó tablas de resultados para su posterior análisis e interpretación.

5.4 Cobertura de la distribución de agua potable

Los mapas temáticos de los sistemas comunitarios de agua potable (ScAP) fueron realizados con la ayuda de ortofotos de la zona de estudio y Sistemas de Información Geográfica (SIG).

- Reunión para la validación de la información recopilada de la ficha de infraestructura de los ScAP

Se realizó nuevamente la aplicación de la ficha de caracterización de la infraestructura, operación y mantenimiento a los compañeros operadores con el fin de confirmar la información recolectada en campo ya que ciertos datos proporcionados eran erróneos.

Aplicación de la ficha de infraestructura



Figura 8. Aplicación ficha de infraestructura ScAP de la junta regional Karabuela.

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

- Elaboración de los mapas temáticos

En base a los puntos levantados en la Ficha de georreferenciación con el GPS y con la colaboración de los compañeros operadores se procedió a identificar los componentes de los sistemas desde las captaciones hasta las redes de distribución. Con la utilización de ortofotos y sistemas de información geográfica (SIG), se digitalizó el tipo y material de las líneas de distribución principal y secundaria de los diferentes Sistemas comunitarios de Agua Potable (ScAP). Una vez digitalizados los componentes y redes de distribución principal y secundaria, a través de las herramientas de la aplicación del software ARG GIS 10.2, se procedió a identificar el área de cobertura del sistema.

Identificación de las redes de agua potable

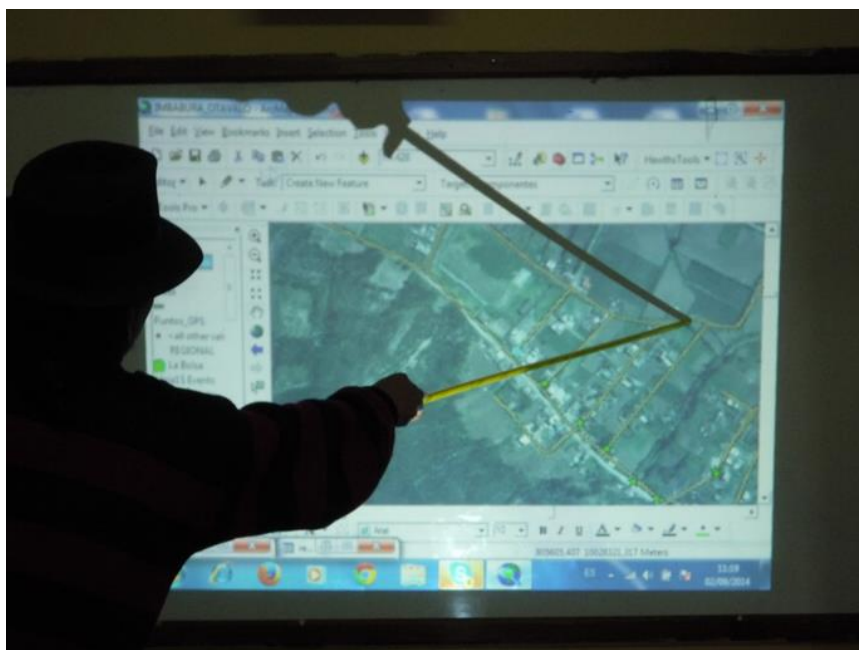


Figura 9. Identificación de las redes de agua potable ScAP de la junta regional Karabuela.

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

- Procesamiento de la información

Para calcular la cobertura de la distribución de agua potable de los ScAP, se realizó una relación entre el número de usuarios (medidores) y el área (en kilómetros cuadrados), que abarca la red de distribución principal y secundaria de los sistemas. Los resultados se visualizan en el mapa temático de la Cobertura de los ScAP en la zona Pesillo-Imbabura.

CAPÍTULO 6

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Fuentes de agua

6.1.1 Análisis descriptivo de las fuentes de agua

6.1.1.1 Tipo de fuente

En el presente estudio, se determinó que los diferentes sistemas comunitarios de agua potable (ScAP), realizan dos tipos de captaciones: superficiales y subterráneas. La primera alternativa está representada por las quebradas, riachuelos y ríos; mientras que la segunda alternativa está representada por vertientes naturales o manantiales localizados en la parte alta de la montaña.

En los 18 sistemas comunitarios de agua potable (ScAP) estudiados, se identificó 25 fuentes de abastecimiento de agua (véase anexo 4). En la Figura 10 se puede observar que el 68% de fuentes provienen de aguas subterráneas (manantiales), el 32% proviene fuentes de agua superficial (quebradas) y el 4% proviene de lagunas.

En la Figura 10, se puede evidenciar claramente que la mayor parte de los sistemas captan agua de los manantiales sin embargo; el agua que se capta de este tipo de fuentes no es suficiente para abastecer a todo el sistema, por lo que los sistemas comunitarios buscan cubrir el déficit agua, con el agua proveniente de fuentes superficiales de quebradas y lagunas. Estas aguas en la mayor parte de los sistemas comunitarios son captadas del escurrimiento superficial del páramo de herbazal y de la Laguna de Mojanda. Para llegar a las comunidades, estas aguas realizan un largo recorrido; por lo que es indispensable realizar los debidos tratamientos, previa distribución a los usuarios.

Tipo de fuente de agua

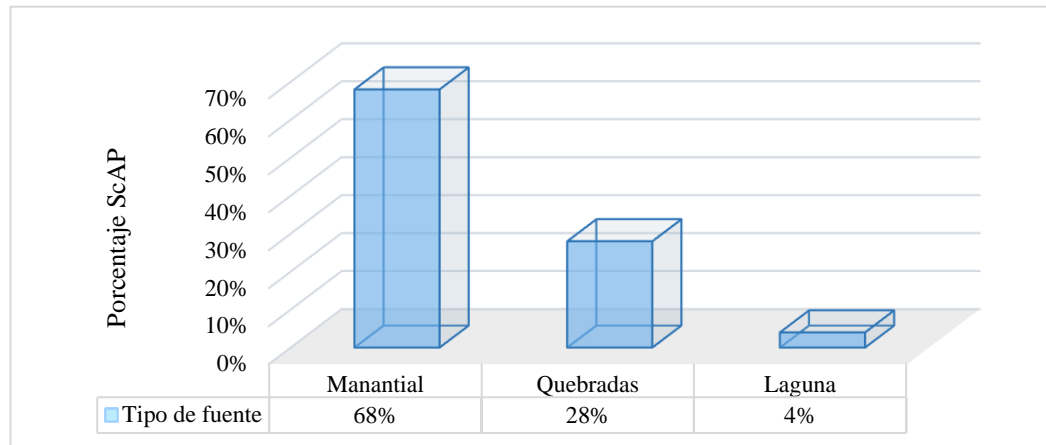


Figura 10. Tipo de fuente de agua.

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

El sistema comunitario de agua potable de San José Alto (véase Figura 11), se abastece de fuentes subterráneas, este tipo de fuentes proporcionan agua de buena calidad, ya que provienen de la infiltración del agua lluvia y presentan menor riesgo de contaminación, lo que implica menor costo de tratamiento; dentro de las fuentes de agua investigadas existen varios ScAP, que se abastecen de fuentes superficiales como es el caso del ScAP de Ilumán (véase Figura 12), el mismo que se provee del agua captada de una quebrada, sin embargo estas fuentes no son tan deseables ya que existen varias vías de contaminación.

Tipo de fuente de agua subterránea



Figura 11. Fuente de agua subterránea junta San José Alto

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

Tipo de fuente de agua superficial

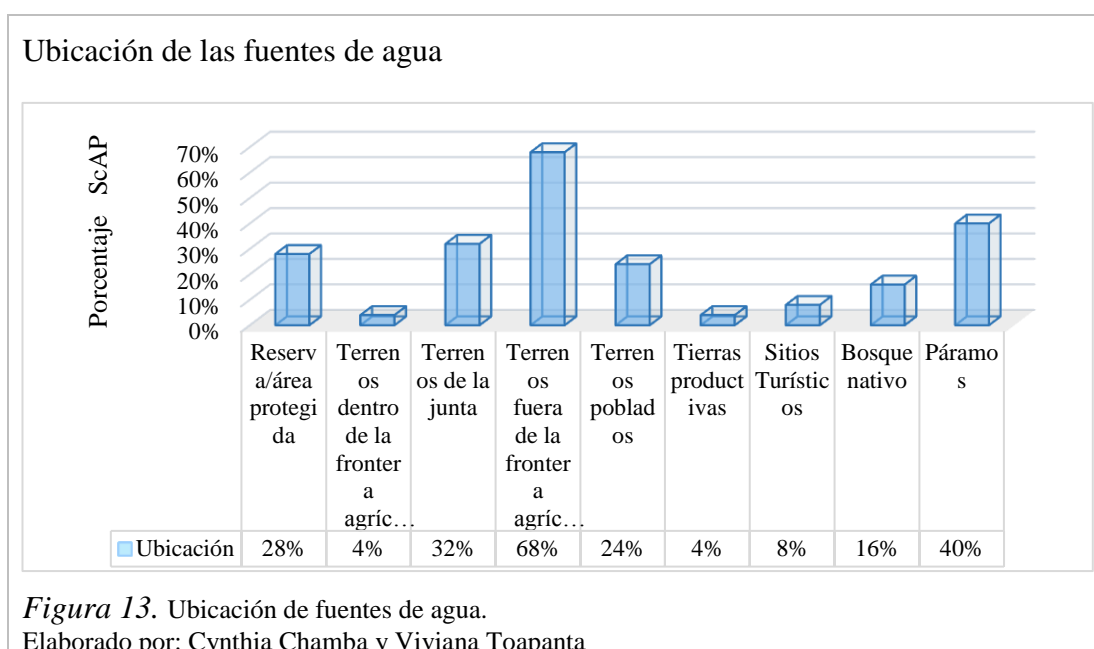


Figura 12. Fuente de agua superficial junta regional Ilumán

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

6.1.1.2 Ubicación de la fuente de agua

Las fuentes de abastecimiento de agua de los ScAP de la zona Pesillo Imbabura, se encuentran localizan en las zonas altas de los cantones Pedro Moncayo, Cayambe, Otavalo, Ibarra y Antonio Ante. En la Figura 13, se puede observar que el 68% de las fuentes están en terrenos fuera de la frontera agrícola, el 40% se encuentra en los Páramos, el 32% se encuentran en terrenos de la junta, el 28% están en reservas/áreas protegidas, el 24% están en terrenos poblados, 16% se encuentran en bosques nativos, el 4% están en tierras productivas, el 8% se localizan en sitios turísticos y el 4% están en terrenos dentro de la frontera agrícola.



Las fuente que abastece el ScAP de Eugenio Espejo, se encuentran ubicada en la Laguna Mojanda, dentro de un área protegida y fuera de la frontera agrícola; sin embargo; esta fuente, al ser parte de un sitio turístico, es susceptible de ser contaminada, por las actividades de los visitantes, ya que estos, en cada visita abandonan desechos como: botellas plásticas, papel, fundas plásticas, etc. (véase Figura 14).

Contaminación de las fuentes de agua



Figura 14. Contaminación de las fuentes de agua ScAP de la junta regional Eugenio Espejo
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

6.1.1.3 Ecosistema de las fuentes de agua

En la presente investigación, se identificó el tipo de ecosistema al cual pertenecen las diferentes fuentes hídricas de los ScAP, a través del mapa de ubicación de las fuentes de agua en los de los ecosistemas de la zona Pesillo-Imbabura (véase anexo 10). En la Figura 15, se puede observar que el 48% de las fuentes, se encuentran dentro del ecosistema herbazal de páramo; el 4% de las fuentes, se ubican dentro del ecosistema bosque siempre verde montano alto de la cordillera Occidental de los Andes; el 4% de las fuentes, se encuentran dentro del ecosistema bosque siempre verde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes y; el 8% las fuentes, pertenece al ecosistema arbustal siempre verde montano de los Andes; asimismo se puede evidenciar que existe un alto porcentaje (36%) de fuentes que se encuentran en áreas intervenidas por el hombre como terrenos poblados.

Ecosistema de las fuentes de agua

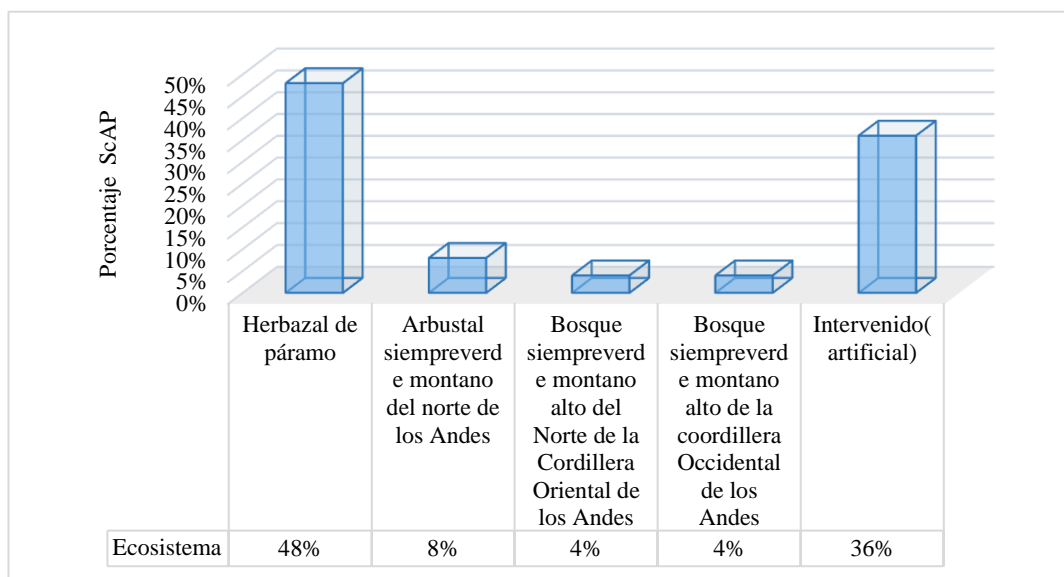


Figura 15. Ecosistema de las fuentes de agua.

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

Según el Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental del Ministerio del Ambiente, resultado de clasificación de los ecosistemas se encontró que: las fuentes que se encuentran a 3400 msnm, se ubican en el ecosistema herbazal de páramo, este ecosistema se caracteriza por tener suelos con un profundo horizonte A, rico en materia orgánica y alta humedad; dentro de esta clasificación se encuentra la fuente San Francisco 2 perteneciente al ScAP Tomaturo-Túquerez, Antonio Ante, Chilco, una de las fuentes de Ilumán (Ilumán Alto), Caluquí, Loma Gorda, una de las fuentes de Mojanda (Diablo Pungo), San Miguel Alto y San José Alto.

De igual forma, las fuentes que se ubican desde 3100 hasta los 3600 msnm pertenecen al bosque siempre verde montano alto de la cordillera Occidental de los Andes, actualmente este ecosistema está presente en forma de islas de bosque natural relegados a las quebradas o en suelos con pendientes pronunciadas. Esto se debe a deslaves, derrumbes u otros desastres naturales dentro de esta clasificación se encuentran las fuentes pertenecientes a los Sistemas comunitarios de Agua Potable (ScAP) de San Joaquín.

Finalmente, las fuentes que se ubican desde los 2000 hasta los 3100 msnm se localizan en el ecosistema arbustal siempre verde montano del norte de los Andes,

este ecosistema se ubican en quebradas con pendientes de hasta 60°, en las vertientes internas y laderas se caracteriza por una vegetación arbustiva, dentro de esta clasificación se encuentran las fuentes pertenecientes a los Sistemas comunitarios de Agua Potable (ScAP) de Imbabura, desde la misma línea de investigación que realiza el autor explica que las fuentes que se ubican desde 3000 hasta los 3700 msnm pertenecen al ecosistema de Bosque siempre verde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes que se caracteriza por la gran variedad de helechos y arbustos dentro de esta clasificación se encuentran las fuentes pertenecientes a los Sistemas comunitarios de Agua Potable (ScAP) de Paniquindra.

En la investigación realizada, se puede observar que existen varias fuentes que no pertenecen a ningún ecosistema antes mencionado, por lo tanto están en áreas intervenidas, las mismas que pueden estar ubicadas tanto en terrenos poblados o terrenos de la comunidad. Las fuentes ubicadas en ecosistemas intervenido son las fuentes del ScAP Ugsha, una de las fuentes de Ilumán (Ilumán Bajo), Karabuela, La Bolsa, una de las fuentes de Mojanda (Gallo Pugllo) y Sumak-Yaku, para mayor comprensión se muestra el caso del Sistema comunitario Ilumán, que tiene una fuente de agua ubicada bajo la carretera (véase Figura 16).

Captación de agua Ilumán Bajo



Figura 16. Fuente de agua Ilumán Bajo ScAP Ilumán
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

6.1.1.4 Cobertura vegetal dentro de la delimitación de la fuente

En el presente estudio, se realizaron dos clasificaciones: la primera, según el tipo de especies, ya sea nativas o exóticas y; la segunda, acorde al tamaño la vegetación de

las especies nativas halladas dentro de la delimitación de la fuente. Para la primera clasificación, en la Figura 17 se puede observar que el 76% de cobertura vegetal dentro de la delimitación de la fuente corresponde a especies nativas, mientras que el 36% restante son especies exóticas.

Cobertura vegetal dentro de la delimitación de la fuente

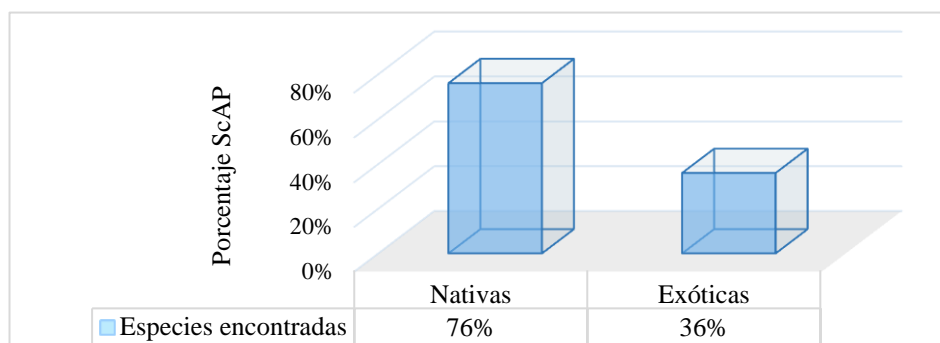


Figura 17. Cobertura vegetal dentro de la delimitación de la fuente
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

En vista de que existe un alto porcentaje de especies nativas alrededor de las fuentes, se realizó una clasificación de las especies encontradas, según el tamaño de la vegetación en: hierba, paja, arbustos y árboles. La especies nativas y exóticas características de la zona se presentan a través de una tabla y registro fotográfico (véase anexo 5 y 6).

Tamaño de la vegetación dentro de la delimitación de la fuente

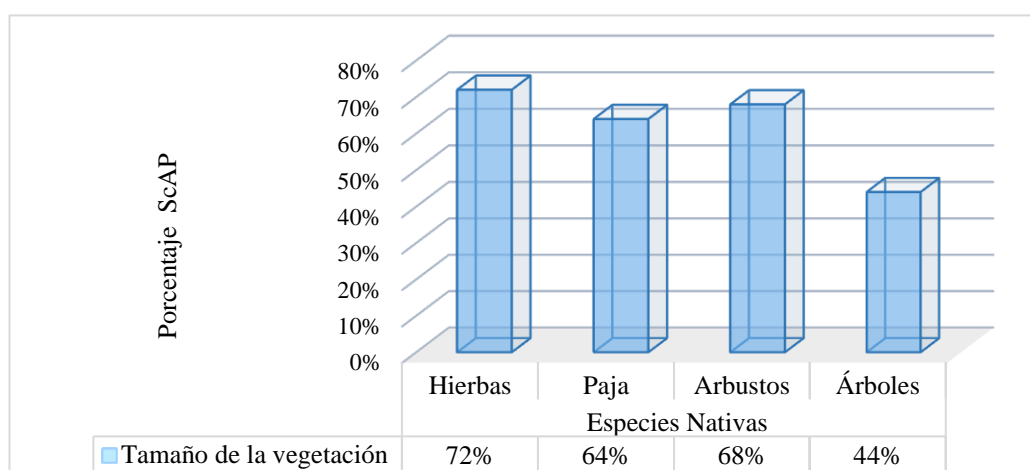


Figura 18. Tamaño de la vegetación dentro de la delimitación de la fuente
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

Como se puede observar en la Figura 18, el 72% de especies nativas encontradas en la delimitación de la fuente son vegetación herbácea, siendo las especies más representativas el siksi de páramo, achicoria blanca, diente de león y diferentes tipos de helechos andinos; el 68% de las especies encontradas, son vegetación arbustiva como urku chocho, zapatitos, arete de inca, mortiño, romerillo, chilka, entre otros; mientras que el 64% corresponde a la paja siendo las especies más representativas las del género calamagrostis, festuca y stipa y; el 44% de especies se caracteriza por ser vegetación arbórea como: pumamaki, yagual, quishuar, aliso y laurel. Un ejemplo claro en el cual se observa una gran cantidad de especies nativas es las fuentes Diablo Pungo, que abastecen el ScAP de Caluquí de la Regional Mojanda-Yanahurco (véase Figura 19).

Vegetación dentro de la delimitación de la fuente



Figura 19. Vegetación dentro de la delimitación de la fuente ScAP de la junta Caluquí

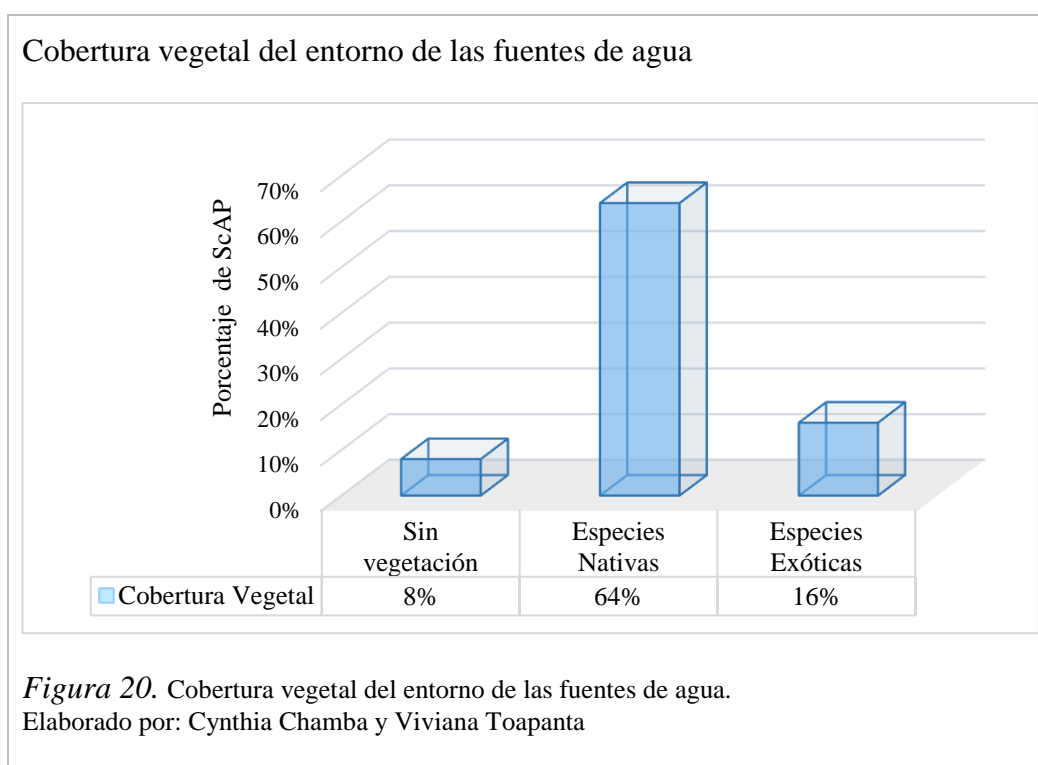
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

6.1.1.5 Cobertura Vegetal entorno las fuentes

Mediante la observación y con la ayuda de los operadores de los sistemas comunitarios de agua potable (ScAP), se procedió a la realizar una breve clasificación del tipo de cobertura vegetal que se encuentran en el entorno de las fuentes de agua.

De acuerdo a esta clasificación, en la Figura 20 se observa que el 64% de ScAP presentan especies nativas a los alrededores de las fuentes, siendo las especies

arbóreas más representativas el aliso, quinal y el arrayán; dentro de las especies arbustivas se encontró el allpa mortiño, mortiño, chilca y el romerillo; así como también, se pudo observar la presencia de hierbas especialmente paja del género calamagrostis; el 16% de ScAP presentan fuentes con especies exóticas, como el pino y; el 8% de los ScAP presentan fuentes sin ningún tipo de vegetación al entorno, que se encuentran en terrenos poblados.



La especie exótica más común que se encontró alrededor de las fuentes de agua, es el pino. El incremento de los cultivos de este tipo de vegetación ha ocasionado que la superficie del páramo se reduzca cada vez más, de tal manera que las fuentes existentes en este sector se ven afectadas. El incremento de la frontera agrícola, ha causado la disminución de caudales en época de verano. Un ejemplo claro es el caso del ScAP San José alto de la regional Tabacundo, este sistema se abastece de 3 fuentes de agua provenientes del escurrimiento superficial de páramo, sin embargo el caudal que se capta de las tres fuentes no es suficiente para abastecer a la comunidad (Ver Figura 21).

Especies exóticas



Figura 21. Especies exóticas ScAP de la junta San José Alto

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

6.1.1.6 Contaminación de la fuente de agua

Es elemental que el agua que ha sido captada para abastecer el sistema de agua potable sea libre de contaminantes.

Contaminantes encontrados en las fuentes de agua

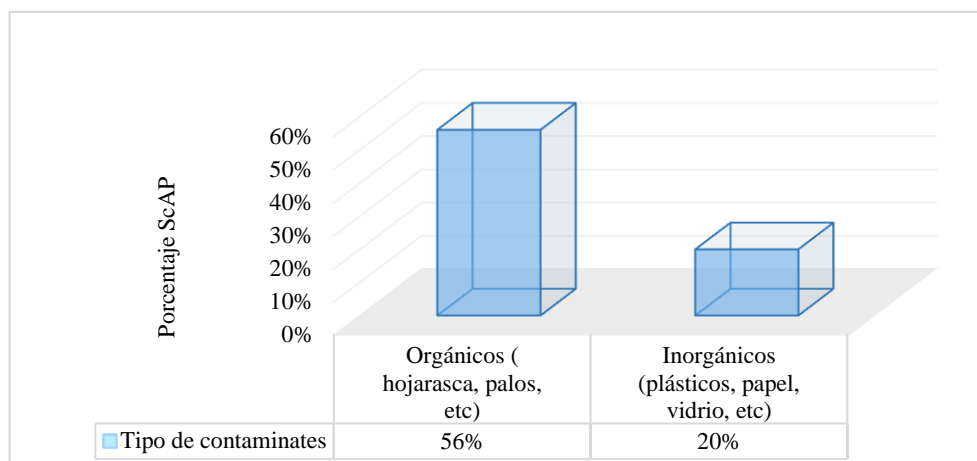


Figura 22. Contaminantes encontrados en las fuentes de agua.

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

Como se puede observar en la Figura 22, en el 56% de las fuentes de los ScAP, existe la presencia de contaminantes orgánicos como hojarasca, palos, y lodo, mientras que en el 20% de fuentes de los ScAP, se encontró contaminantes inorgánicos como plástico, papel, y otros, producto de la actividad antrópica. Un ejemplo claro, es el caso de las fuentes superficiales que abastecen el ScAP Ugsha, que no tienen ningún tipo de protección, lo cual causa que el agua utilizada para el

consumo humano este expuesta a varias vías de contaminación, una de ellas es la presencias de animales que en busca de agua ingresan a la fuente, pisotean la vegetación y dejan sus excretas (véase Figura 23).

Presencia de contaminantes orgánicos en las fuentes de agua



Figura 23. Presencia de contaminantes orgánicos en las fuentes de agua ScAP de la junta Ugsha
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

6.1.1.7 Abastecimiento de agua en época de verano

El abastecimiento de agua en época de verano, es un factor que permite conocer si el agua captada es suficiente para cubrir la demanda de la población, como se puede observar en la Figura 24; apenas el 50% de los ScAP, están en la capacidad de brindar un servicio de agua potable continuo; el 22% de ScAP, pueden brindar el servicio pasando una semana; el 11% de ScAP, pueden brindar el servicio de agua potable dos días a la semana; el 6% de los ScAP, brindan el servicio pasando un día y; el 11% de los ScAP, solo pueden brindar el servicio medio día.

Abastecimiento de agua en época de verano

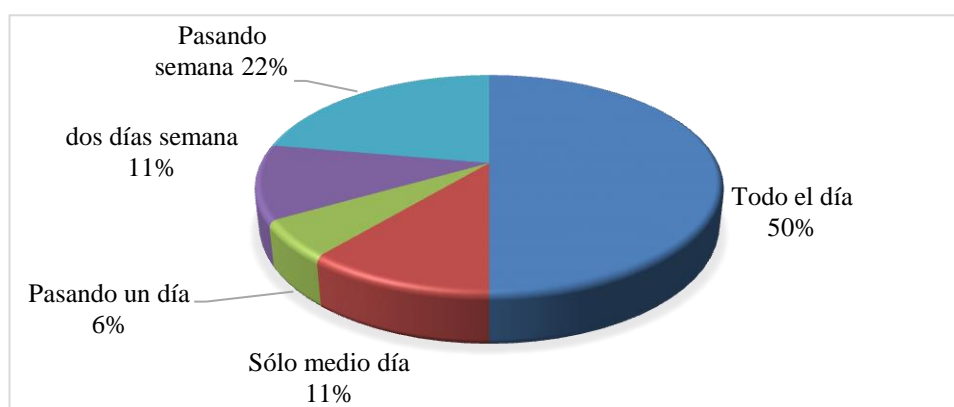


Figura 24. Abastecimiento de agua en época de verano
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

El ScAP Antonio Ante, es uno de los sistemas que en época de verano tiene agua pasando una semana, debido al bajo caudal de la fuente que abastece el sistema. Esto causa que los responsables del sistema, se vean en la obligación de contratar tanqueros para poder completar el volumen de agua requerido, para cubrir en algo la demanda del recurso hídrico (véase Figura 25).

Desabastecimiento de agua



Figura 25. Desabastecimiento de agua ScAP de la junta Antonio Ante
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

6.1.2 Caracterización de la fuente de agua

Tal como se muestra en la Tabla 16, para la caracterización de la fuente de agua, se consideró: el tipo de fuente, la ubicación, ecosistemas en donde se localizan las fuentes, la cobertura vegetal dentro de la delimitación y alrededor de la fuente; así como también, se consideró la presencia de contaminantes y el abastecimiento de agua en época de verano.

Las fuentes con mayor calificación (fuentes categoría A), son las fuentes proveniente de agua subterráneas de manantial, ubicadas en páramos, bosques nativos áreas y reservas protegidas, están situadas dentro de los ecosistemas de alta montaña, tienen buena cobertura vegetal tanto en las captaciones de agua, su entorno y lugares de escurrimiento de agua; así como también, disponen de caudales suficientes para dar el servicio a los usuarios durante las 24 horas sin interrupciones en la época de verano; finalmente son fuentes con baja carga de contaminantes orgánicos y nula de inorgánicos. Las fuentes con menor calificación (fuentes categoría C o D), son

aquellas que captan el agua de fuentes superficiales, se ubican en terrenos dentro de la frontera agrícola, terrenos privados y centros poblados, pertenecen a ecosistemas intervenidos con escasa cobertura vegetal; todo esto provoca que el servicio de agua potable sea interrumpido y los usuarios no dispongan de suficiente agua en época de verano.

Tabla 16.

Categorización de las fuentes de agua de los ScAP

REGIONAL	SISTEMA (ScAP)	Tipo de fuente					Ubicación de la fuente					Ecosistema					Cobertura Vegetal					Vegetación dentro de la delimitación					Vegetación del entorno					Contaminación					Abastecimiento de agua en Verano					Σ	Rango 81-100A 61-80B, 41-60 C <40D	Categoría
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5								
ANGLA	COCHALOMA		2							5					5					5			3					5						5	35	88%	A							
	TUQUEREZ-TOMATURO		2							5					5					5			3				3					2			30	75%	B							
	UGSHA		2				2				2					3				2						2					2				17	43%	C							
ANTONIO ANTE	ANTONIO ANTE		2						4						5					5			3				3				1				28	70%	B							
EUGENIO ESPEJO	EUGENIO ESPEJO		2						4						5					5							5							5	35	88%	A							
IBARRA	CHILCO					5			4					4						5					5		3							5	36	90%	A							
	PANIQUEINDRA					5			3					3						5					5			5					5		5	36	90%	A						
ILUMÁN	ILUMÁN			3							5				4					5					5			4					5			5	36	90%	A					
IMBABURA	IMBABURA					5			3					3						3				3				3				1				24	60%	C						
KARABUELA	KARABUELA					5			3					2						5				5				5						5	35	88%	A							
LA BOLSA	LA BOLSA					5			3					2						5				5				5						5	35	88%	A							
MOJANDA YANAHURCO	CALUQUI					5			3						5					5				3				4					5			5	35	88%	A					
	LOMA GORDA					5			3					5					5			3			3				3				5		3	32	80%	B						
	MOJANDA			3						3					4					4				3				3					5			4	29	73%	B					
SAN RAFAEL	SAN MIGUEL ALTO					5				4					5					5			4				3				4				4	34	85%	B						
SUMAK YAKU	ARAQUE					5				4				2						5			4				5						5			5	35	88%	A					
TABACUNDO	SAN JUAQUIN					5					5			3						4				3			3				2			1			26	65%	B					
	SAN JOSÉ ALTO					5					5				5					4				3			3				2			1			28	70%	B					

Nota. A cada criterio de la tabla se dio una calificación de 1 a 5, siendo 5 la mayor calificación y 1 la menor. Resultado de la ponderación se tiene cuatro categorías: A, B, C y D.

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

En la Figura 26, se puede observar que el 50% de fuentes que abastecen a los ScAP son categoría A; es decir, son fuentes subterráneas de manantial, están ubicadas en páramos, además se localizan dentro de los ecosistemas de alta montaña, tienen una buena cobertura vegetal tanto en las captaciones de agua, su entorno y lugares de escurrimiento de agua, abastecen continuamente al sistema en épocas de verano, por lo tanto están en buenas condiciones; el 39% son categoría B, puesto que cumplen con la mayor parte de características sin embargo el caudal que se recoleta no es suficiente para abastecer a la comunidad en época de verano y; el 11% de fuentes de los ScAP son categoría C, puesto que están dentro de ecosistemas intervenidos (centros poblados), presentan baja cobertura vegetal al entorno y dentro de la delimitación de la fuente además, el servicio de agua potable llega pasando una semana a los usuarios en época de verano.

Categorización del tipo de fuentes de agua

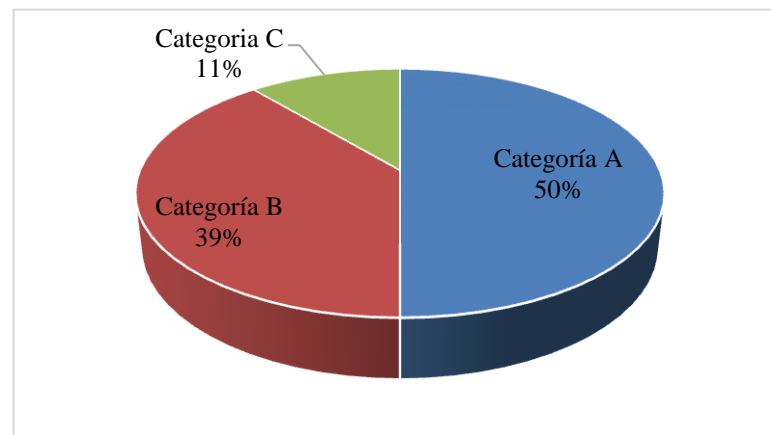


Figura 26. Categorización del tipo de fuentes de agua
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

Para que una fuente sea considerada en estado de conservación bueno, esta debe ser de tipo subterráneas, ubicarse en un ecosistema de páramo, tener gran cantidad de especies nativas así como no presentar ningún tipo de contaminantes; sin embargo las fuentes que abastecen el ScAP de San José Alto (véase Figura 27) a pesar de cumplir con todas estas características; el caudal recolectado no es suficiente para abastecer a los usuarios en época de verano, una de las posibles causas del déficit de agua es la presencia de grandes extensiones de cultivo de pino, que provoca que la superficie del páramo se vaya reduciendo cada vez más, de tal manera que afectan a la recarga natural de agua en los acuíferos. Sin embargo existen algunas fuentes como las que abastecen el ScAP Sumak-Yaku, que a pesar de contar con algunas de las características antes mencionadas, mantienen el servicio de agua potable continuo, esto se debe a la ubicación y características propias del acuífero; además de la ejecución de acciones encaminadas a la protección y conservación de las fuentes (véase Figura 28).

Fuente de agua del ScAP San José Alto



Figura 27. Fuente de agua del ScAP San José Alto
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

Fuente de agua del ScAP Ilumán



Figura 28. Fuente de agua del ScAP Ilumán
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

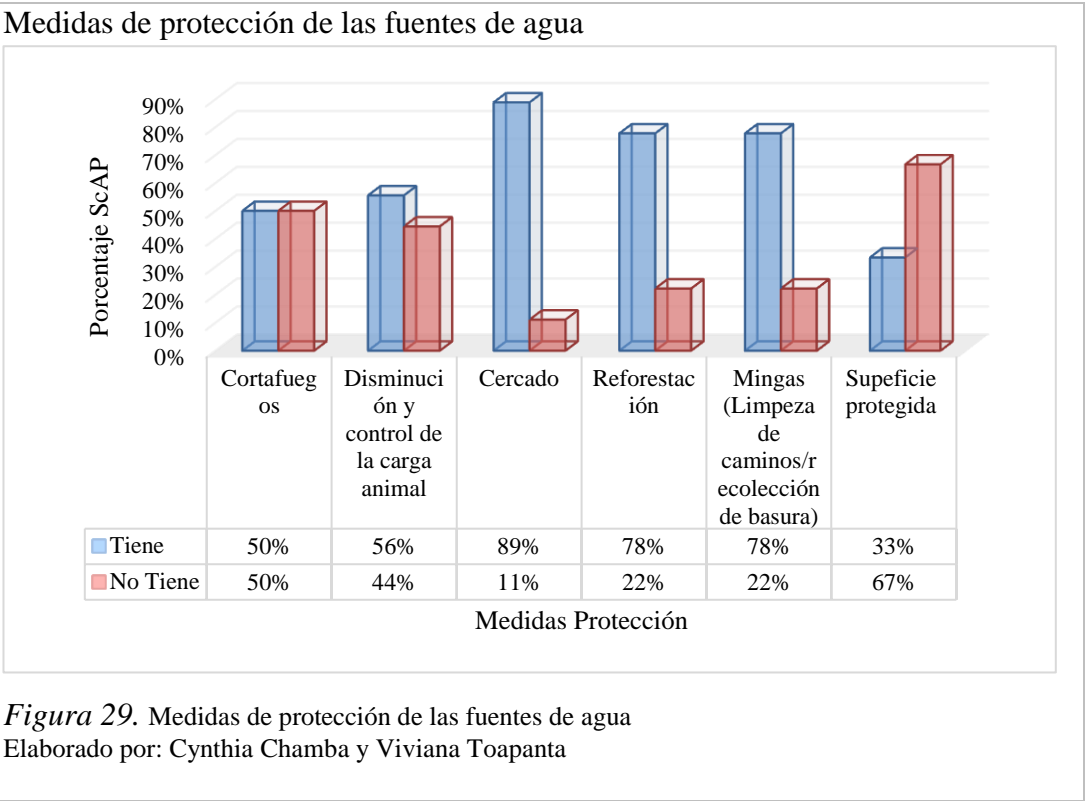
6.1.3 Medidas de protección de las fuentes de agua

La protección de las fuentes de agua, es el conjunto de prácticas que las comunidades aplican para mejorar las condiciones de uso y aprovechamiento del agua y para reducir o eliminar las posibilidades de contaminación.

En la Figura 29, se puede ver que el 56% de los ScAP estudiados, contralan la excesiva carga animal que produce el sobrepastoreo y es la principal causa del agotamiento de los suelos; sin embargo, el 44% de los sistemas, aún no controlan esta actividad como es el caso del ScAP de Ilumán, en el cual, el constante pisoteo de los animales ocasiona la compactación del suelo.

De la misma manera, se puede observar que en el 89% de los sistemas las fuentes se encuentran protegidas con cercas de malla de alambre y concreto para evitar el ingreso de animales que contaminen la fuente. Además, el 78% de los ScAP, realizan mingas de limpieza y reforestaciones con plantas nativas dotadas por los municipios, y; solo el 33% de los sistemas tienen una superficie protegida como es el

caso. Las plantas más utilizadas para fines de reforestación son: el yagual, el aliso y el polylepis (véase Figura 30).



La mejor manera de resguardar el agua superficial y el agua subterránea, es realizar actividades encaminadas a la protección de las zonas de recarga y acumulación; en

el estudio realizado, se determinó que el 50 % de los sistemas comunitarios de agua potable tienen cortafuegos en el páramo, ya que este ecosistema es el más propenso de ser afectado por un incendio forestal. Tal es el caso del ScAP San José Alto, cuyas fuentes se encuentran ubicadas en el páramo de herbazal de las Lagunas de Mojanda y; por ser este un sitio turístico se ve afectado por las acciones y descuidos de los visitantes, debido a esta situación la comunidad ha resuelto realizar cortafuegos para salvaguardar el ecosistema de páramo en caso de producirse algún incendio (véase Figura 31).

Cortafuegos del páramo

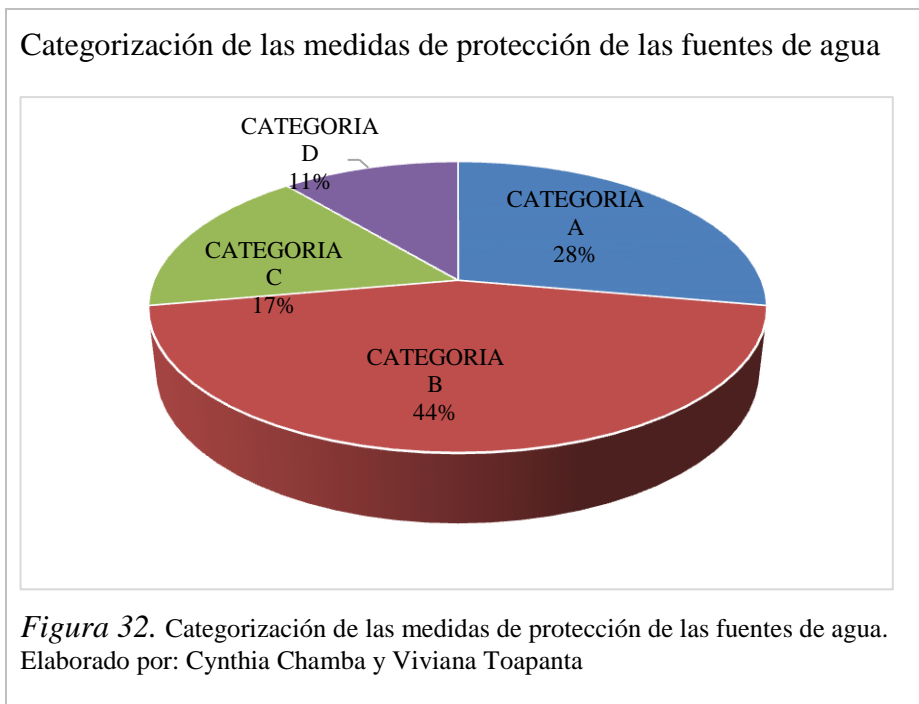


Figura 31. Cortafuegos del páramo ScAP San José Alto
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

6.1.3.1 Categorización de las medidas de protección de las fuentes de agua

En la Figura 32, se observa que solo el 28% de los ScAP estudiados tienen buenas medidas de protección, ya que se evidenció que realizan la mayor parte de actividades de protección como: cercado, cortafuegos, mingas de limpieza, reforestación y tienen destinada una superficie protegida que evita el crecimiento agrícola y ganadero, por lo que se consideran categoría A; el 28% corresponden a aquellos ScAP, en los cuales se evidenció cuatro de las actividades antes mencionadas y por lo que se les otorga la categoría B; el 17% corresponde a los ScAP en los cuales se evidenció la realización de dos o tres actividades para proteger sus fuentes ubicándose en la categoría C y; el 11 % corresponde a los sistemas, en los

cuales se evidenció la realización de al menos una actividad de protección de fuentes designándole una categoría D.



6.1.4 Gestión administrativa: acciones para la conservación de fuentes de agua

En la Figura 33, se muestra que en todos los ScAP, la población participa y le interesa cuidar sus fuentes de agua; sin embargo, solo el 22% de las juntas responsables de los ScAP afirman tener un plan de manejo de protección de fuentes; de la misma forma, el 72% de las juntas responsables de los ScAP, aplican sanciones tanto económicas como culturales “castigo indígena”, tal es el caso de las comunidades del ScAP Antonio Ante, en las cuales se realizan castigos indígenas a aquellas personas que causen algún daño al entorno de la fuente, además de ser obligados a reforestar la superficie afectada; asimismo, solo el 22% de las juntas responsables de los ScAP, designan recursos para actividades de protección de fuentes; el 44% de las juntas tienen propuestas o proyectos que permitan la conservación de los ecosistemas de las fuentes hídricas y; el 78% de las juntas responsables de los ScAP, organizan y desarrollan mingas comunitarias de limpieza y reforestación en las fuentes hídricas.

Acciones administrativas para la protección y conservación de fuentes de agua

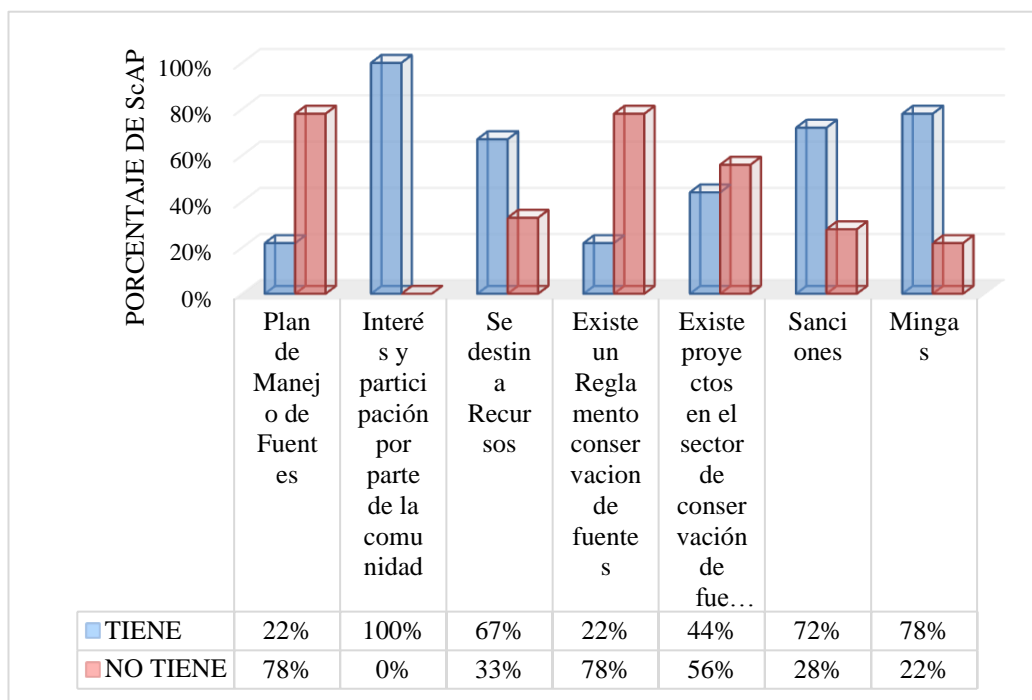


Figura 33. Acciones administrativas para la protección y conservación de fuentes de agua
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

6.1.4.1 Caracterización de las acciones administrativas para la protección de las fuentes de agua

Las juntas regionales de agua potable, son responsables del manejo de las fuentes hídricas así como también, son responsables de tomar acciones administrativas destinadas a conservar, mantener y proteger las fuentes de abastecimiento de agua. En la Figura 34, se observa que únicamente el 16% de sistemas son categoría A, gracias a que las juntas responsables de la gestión de los mismos, poseen un plan de manejo, destinan los recursos necesarios para el cuidado y protección de las fuentes, se observa que existe interés y participación por parte de los usuarios para la protección de los ecosistemas que provee de agua a los ScAP; además, poseen un reglamento en el cual se estipulan sanciones para las personas que destruyan las fuentes. El 28% y el 39% de los sistemas son categoría B y C respectivamente, debido a que no realizan las acciones administrativas necesarias para mantener conservar las fuentes de agua; y finalmente, el 17% de los sistemas corresponden a

una categoría D, ya que en éstos no se evidencia gestión administrativa alguna para el cuidado y protección de las fuentes hídricas.

Categorización de las acciones administrativas para la protección y conservación de las fuentes de agua

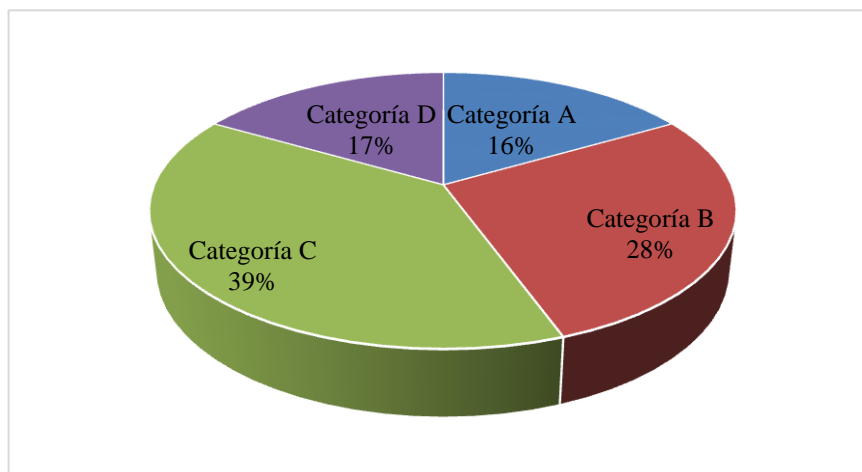


Figura 34. Categorización de las acciones administrativas para la protección y conservación de las fuentes de agua

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

6.2 Sistemas comunitarios de agua potable (ScAP)

6.2.1 Análisis descriptivo de la infraestructura de los ScAP

6.2.1.1 Tipo de sistemas comunitarios de agua potable

Existen varias alternativas al momento de implementar un ScAP para poblaciones rurales, como norma general, el diseño depende de la ubicación, calidad y cantidad de agua en la fuente; en la Figura 35 se observa que el principal tipo de sistema utilizado para abastecer a las comunidades rurales de la zona del proyecto Pesillo-Imbabura, es el sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento; puesto que el 61 % de los sistemas corresponde a este tipo, el 11% de sistemas corresponde a sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento, el 6% de sistemas son de tipo gravedad o bombeo sin tratamiento y el 11% de sistemas son mixtos debido a que utiliza una combinación de los diferentes tipos de sistemas para cubrir la demanda de agua de las comunidades.

Tipos de sistemas de abastecimiento de agua potable

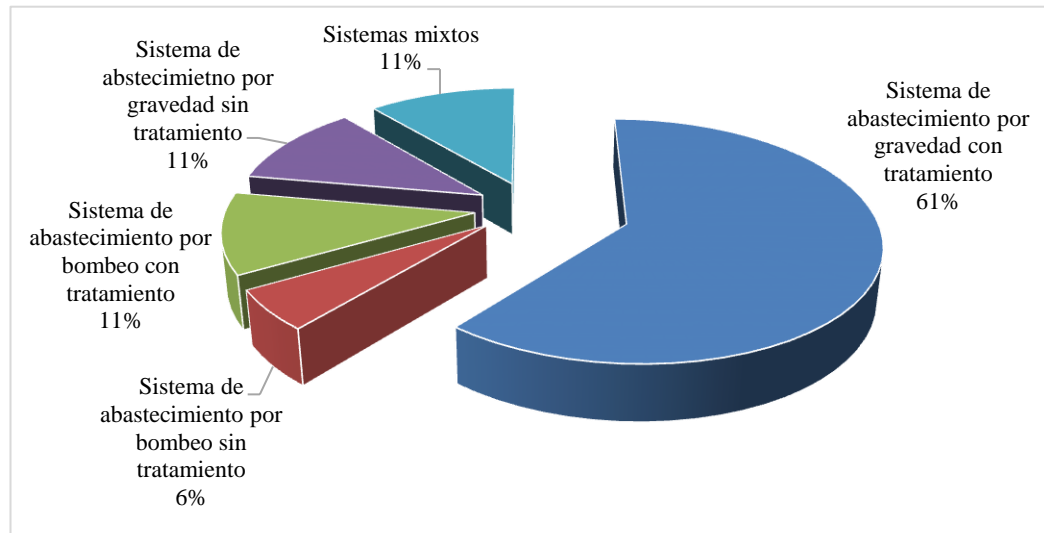


Figura 35. Tipos de sistemas de abastecimiento de agua potable
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

Los sistemas por bombeo con o sin tratamiento, son utilizados cuando la topografía de la zona no permite abastecer a los usuarios, por la diferencia de altura del sitio de donde se toma el agua y la comunidad que la va a consumir. Por esta razón ambos tipos de sistemas emplean equipos de bombeo para elevar el agua desde la captación o desde la capa freática hasta la planta de tratamiento, así como tanques de almacenamiento o de reserva, generalmente situados en un sitio estratégico por su elevación con respecto al poblado o la comunidad a servir. Desde ese tanque, el agua llega a las viviendas por la acción de la gravedad. Este es el caso del ScAP Sumak-Yaku, cuya fuente está ubicada cerca del Lago San Pablo, a una altura menor respecto a la comunidad a la cual abastece. Por esta razón, utiliza un equipo de bombeo para bombear el agua desde la captación a los tanques de almacenamiento ubicados a mayor altura respecto a la comunidad, lo cual facilita su distribución (véase Figura 36 y 37).

Sistema de bombeo



Figura 36. Sistema de bombeo. ScAP Sumak-Yaku
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

Tanques de almacenamiento



Figura 37. Tanques de almacenamiento. ScAP Sumak-Yaku
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

Los sistemas por gravedad con o sin tratamiento, tienen sus fuentes en zonas altas como el páramo de herbazal, arbustal siempre verde montano o bosque siempre verde montano alto; este tipo de sistemas, aprovecha la acción de la gravedad y la topografía del terreno para transportar el agua desde la captación hasta las viviendas. Tal es el caso del ScAP Eugenio Espejo, cuya fuente de agua está ubicada en la Laguna Mojanda a una altura de 3736 msnm; desde la laguna el agua es conducida hasta la planta de tratamiento ubicada a 2924 msnm, para su posterior distribución (véase Figura 38 y 39).

Fuente de agua Mojanda

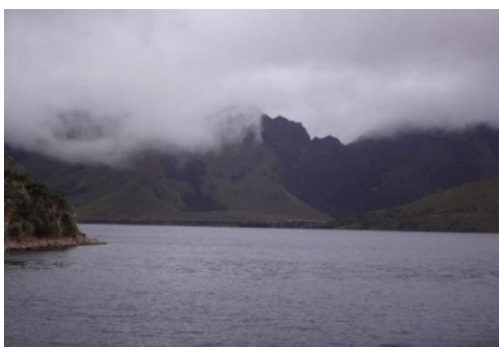


Figura 38. Fuente de agua Mojanda. ScAP de la junta regional Eugenio Espejo
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

Planta de tratamiento

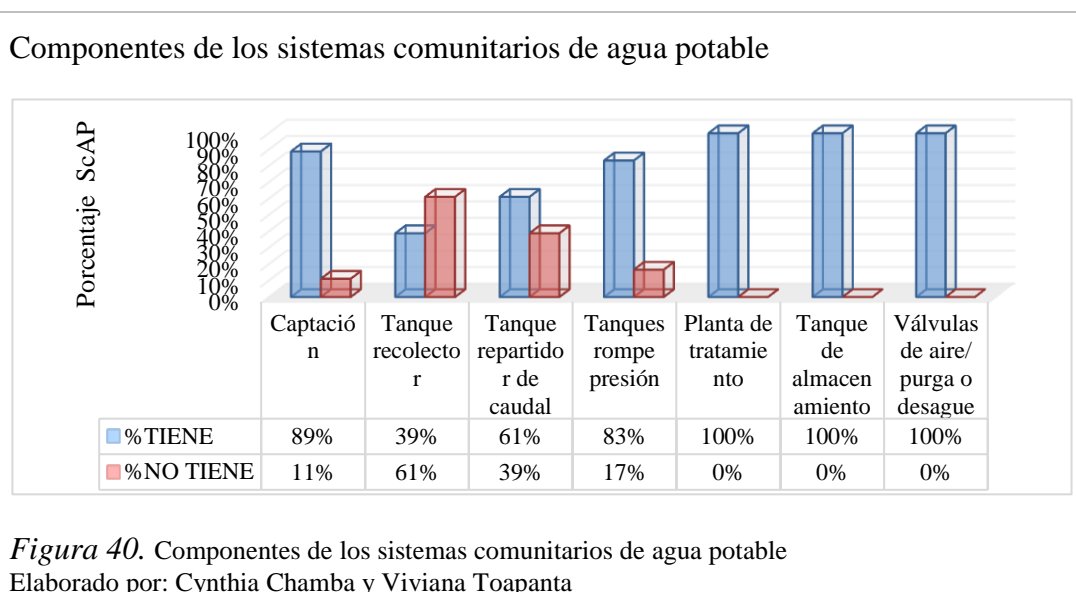


Figura 39. Planta de tratamiento. ScAP de la junta regional Eugenio Espejo
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

6.2.1.2 Componentes de los ScAP

Un sistema comunitario de agua potable convencional, esta conformado de una serie de componentes, necesarios para captar, conducir, tratar y distribuir de agua a los usuarios de las comunidades. En la presente investigación, se pudo establecer que la mayoría de los sistemas cuentan con los componentes básicos requeridos para el buen funcionamiento y operación del sistema. Tal como se observa en la Figura 40, el 89% de sistemas tienen la infraestructura de una captación y el restante 11% no tiene porque la recolección de agua se realiza de fuentes que no requieren este tipo de obra. Un ejemplo claro, es el sistema Eugenio Espejo que capta directamente el caudal de agua de la Laguna Mojanda, con una tubería de PVC, colocada a una profundidad de un metro (véase Figura 41).

De igual modo, de los 18 sistemas estudiados, el 39 % de los sistemas, cuentan con tanques recolectores, cuya función es recoger y transportar los caudales de agua que surgen de diversas captaciones por una sola línea de conducción, el 61% de los sistemas, cuentan con un tanque repartidor de caudal puesto que comparten el caudal de agua con otras comunidades que no pertenecen al sistema; el 83% de los sistemas cuentan con tanques rompe presión y; todos los sistemas estudiados, cuentan con algún tipo unidad de tratamiento, tanques de almacenamiento y válvulas de aire y/o purga. Además, se determinó que solo el 22% de los sistemas cuentan con una estación de bombeo, esto se debe a la ubicación de las fuentes de agua respecto a los poblados. Esta situación se puede evidenciar en el ScAP Sumak-Yaku (véase Figura 36).



Captación de agua Mojanda



Figura 41. Captación de superficial de agua de la laguna Mojanda ScAP de la junta regional Eugenio Espejo
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

6.2.1.2.1 Captación

Las obras de captaciones son el punto de partida de un ScAP, existen varias obras de captación acorde al tipo de fuente; tal como se muestra en la Tabla 17, en el estudio se ha determinado que el 89% de los ScAP, cuentan con una infraestructura física para captar el agua. De los cuales, el 75% tiene captaciones construidas a base de concreto armado con tapas sanitarias de metal y el restante 25% corresponde a otro tipo de captaciones construidas de ladrillo y madera o material pétreo y cemento.

Las captaciones deben contar con un sistema de rejillas que evite el ingreso de materiales extraños (hojarasca, palos, excretas, etc.) al sistema, puesto que estos pueden taponar las tuberías; de la investigación se determinó que del 89% de sistemas que cuentan con obras de captación, únicamente el 63% posee rejillas que impiden el ingreso de algún material extraño. Las rejillas pueden ser rejillas de hierro o mallas de alambre.

Tabla 17.

Descripción de la captación de los ScAP

Captación	
Característica	% SCAP

Material de construcción:	
Concreto con tapa de concreto	0%
Concreto con tapa de metal	75%
Otro	25%
Rejillas	
Tiene	63%
No tiene	0%

Nota. Material de construcción de la captación de acuerdo al tipo de fuente.

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

Las obras de captación son un componente muy importante dentro de un ScAP, pues de esta obras depende que el agua llegue hasta los tanques de tratamiento y/o almacenamiento con la menor contaminación posible. Las captaciones superficiales son las más susceptibles de ser contaminadas, por consiguiente cada captación debe poseer: protecciones sanitarias, que evite el ingreso de contaminantes a la estructura; una galería de filtración que permita drenar el agua y descargarla en la cámara de almacenamiento; debe poseer tuberías de desagüe, que permita realizar la limpieza de la estructura y; debe permanecer cercada de manera que se evite el ingreso de animales. El ScAP Caluquí, es un buen ejemplo de este tipo de captaciones (véase Figura 42).

Captación de agua superficial



Figura 42. Captación de agua superficial. Obra de del ScAP de la junta Caluquí

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

6.2.1.2.2 Línea de conducción

Se requiere diversos tipos de tubería para transportar el agua desde las captaciones hasta los usuarios finales, es así que para el estudio se describió tres tipos de líneas de conducción: la primera desde las captaciones hasta la planta de tratamiento o tanques de almacenamiento; la segunda, desde los tanques de almacenamiento hasta los usuarios (línea de distribución) y; finalmente, las cometidas para las conexiones domiciliarias.

Como se puede observar en la Figura 43, en el 83% de los ScAP, se colocan tuberías de policloruro de vinilo (PVC), cuyos diámetros varían entre 32 y 64mm para transportar el agua desde las captaciones hasta la planta de tratamiento o tanques de almacenamiento y; en el restante 17%, se coloca una combinación de tuberías de hierro galvanizado (HG) y PVC. Para transportar el agua desde los tanques de almacenamiento hasta los usuarios, en el 89% de los ScAP se colocan tuberías de PVC cuyos diámetros varían entre 32 y 64mm y el restante 11% utiliza una combinación de tuberías de PVC y manguera (véase anexo 7).

Tipo de tubería utilizada para la conducción de agua desde las captaciones a los usuarios

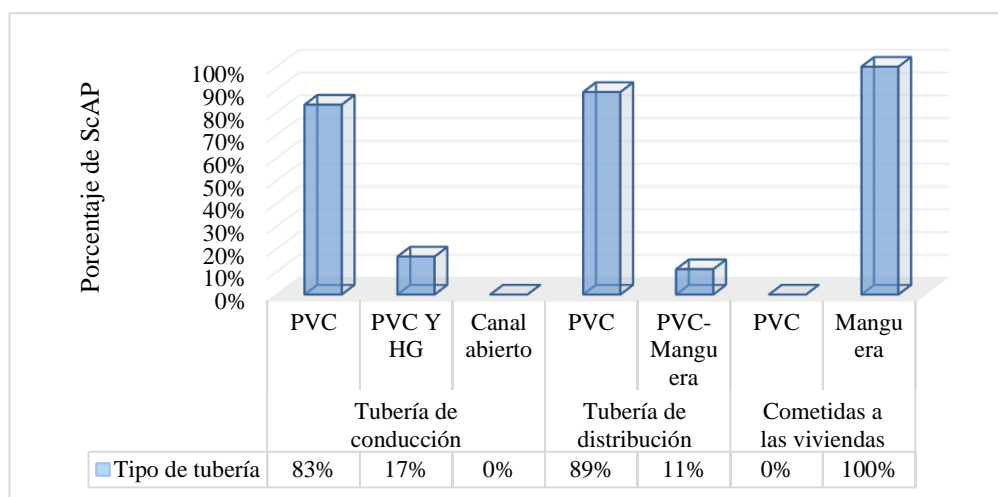


Figura 43. Tipo de tubería utilizada para la conducción de agua desde las captaciones a los usuarios

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

6.2.1.2.3 Planta de tratamiento

La planta de tratamiento ésta compuesta por varias unidades cuyo fin es convertir el “agua cruda” en agua lista para el consumo humano “agua potable”. No todos los sistemas deben contar con todas las unidades que en el trabajo se detalla, ya que el tratamiento que recibe el caudal de agua depende de la calidad y ubicación de la fuente.

La mayor parte de los sistemas estudiados son sistemas convencionales de abastecimiento por gravedad con o sin tratamiento; por consiguiente, para la descripción de la planta de tratamiento se consideró los componentes típicos de este tipo de sistemas. Tal como se muestra en la Tabla 18, de los 18 ScAP estudiados el 39% de sistemas tiene tanques desarenadores o sedimentadores, el 39% tiene sistema de filtración, el 94% tiene una caseta de cloración y todos los sistemas cuentan con uno o más tanques de almacenamiento.

Tabla 18.
Descripción de la planta de tratamiento

Planta de tratamiento	
Unidades	% SCAP
Tanques desarenadores o sedimentadores	
Tiene	39%
No tiene	61%
Tanques de filtración	
Tiene	39%
No tiene	61%
Caseta de cloración	
Tiene	94%
No tiene	6%
Tanques de almacenamiento	
Tiene	100%
No tiene	0%

Nota. Presencia de los unidades de la planta de tratamiento de los ScAP.
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

6.2.1.2.4 Conexiones domiciliarias

El componente final de un ScAP es la conexiones domiciliarias, mismas que están compuestas por una serie de componentes como: elementos de toma T o abrazaderas, elementos de control y medidores de agua.

Tal como se observa en la Tabla 19, de los 18 sistemas estudiados, el 94% de los ScAP cuentan con medidores de agua y todos los sistemas cuentan con elementos de toma T o abrazaderas y elementos de control (válvulas de paso).

Tabla 19.
Descripción de las conexiones domiciliarias

Conexiones domiciliarias	
Característica	% SCAP
Medidor de agua	
Tiene	94%
No tiene	6%
Elementos de toma T o abrazaderas	
Tiene	100%
No tiene	0%
Elementos de control	
Tiene	94%
No tiene	6%

Nota. Componentes de las conexiones domiciliarias.
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

6.2.2 Estado de la infraestructura general de los ScAP

Como resultado del análisis multi-criterio de cada uno de los componentes que conforman un ScAP, se determinó el estado de la infraestructura general de los sistemas comunitarios de agua potable, ya sea bueno, regular, malo o pésimo (véase anexo 8).

En la Figura 44, se puede observar que tan solo el 17% de los sistemas comunitarios de agua potable estudiados, mantienen su infraestructura en buen estado, pues realizan las actividades de mantenimiento de manera regular, los componentes del sistema se encuentran pintados y no se ha observado un proceso de deterioro en el sistema; el 61% de los ScAP presentan una infraestructura en estado regular, ya sea porque sus componentes no reciben una revisión y mantenimiento continuo o se ha observado un deterioro parcial en la infraestructura; el 22% de los ScAP se encuentran en mal estado, en vista de que es evidente el deterioro en la infraestructura de estos sistemas y; ningún ScAP se encuentra en pésimas condiciones o estado.

Caracterización del estado de la infraestructura de los ScAP

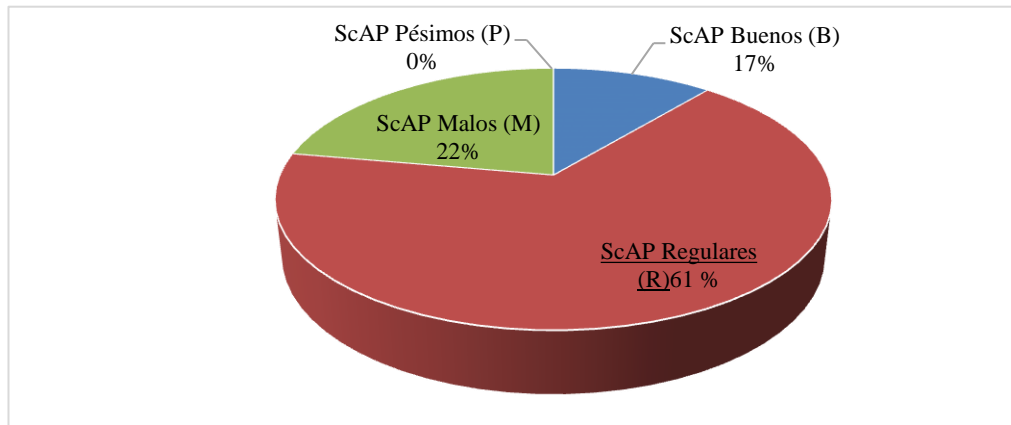


Figura 44. Caracterización del estado de la infraestructura de los ScAP
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

Resultado de la investigación, se visualiza que existe un alto porcentaje de sistemas que no reciben un mantenimiento apropiado y; presentan un estado de infraestructura que va de regular o malo, lo cual indica un considerable deterioro y mal manejo de los sistemas. El ScAP San Joaquín, es un ejemplo claro del descuido de las estructuras, en éste sistema se visualiza el deterioro de cada uno de sus componentes, por la falta de recursos económicos destinados para la operación y mantenimiento del sistema (véase Figura 45).

Estado de la infraestructura de ScAP San Joaquín



Figura 45. Estado de la infraestructura de ScAP San Joaquín
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

Al mismo tiempo, es importante recalcar que el estado de la infraestructura de los sistemas comunitarios de agua, depende principalmente de la cantidad de recursos económicos que la junta administradora destinada a la operación y mantenimiento de cada uno de los componentes, así como también del interés y capacitación del operador. Tal es el caso del ScAP Ilumán, sistema en el cual existe una inversión por parte la junta administradora de agua, para el mantenimiento de la infraestructura, además la Junta destina tiempo y recursos para mantener al personal capacitado (véase Figura 46).

Operador del ScAP Ilumán



Figura 46. Operador del ScAP Ilumán
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

6.2.3 Categorización de los sistemas comunitarios de agua potable

Tal como se observa en la Tabla 20, a cada sistema comunitario de agua potable se le asignó una categoría, tomando en cuenta si el sistema cuenta con todos los componentes necesarios para mantenerse operativo acorde al tipo de sistema, está construido con el material más apropiado (construidos de concreto armado), dispone de una planta de tratamiento, utiliza todos los recursos de los cuales dispone y mantiene la infraestructura en buen estado. Las categorías asignadas fueron A, B, C y D.

Tabla 20.

Categorización del tipo de infraestructura de los ScAP

CRITERIOS DE CATEGORIZACIÓN DE SISTEMAS COMUNITARIOS DE AGUA POTABLE																													
SISTEMA (ScAP)	Componentes					Material de construcción					Planta de tratamiento					Línea de conducción					Estado de la infraestructura					Σ	Rango: 81-100(A) 61-80(B) 41-60(C) 0-40(D)	Categoría	
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5				
					5					5					4						5			3			22	88%	A
Cochaloma					5					5					4						5			3			21	84%	A
Túqueréz- Tomaturo					5					5				3							5			3			21	84%	A
Ugsha					5					4		1									4			2			16	64%	B
Antonio Ante				3						5		2									5		2				17	68%	B
Eugenio Espejo					4					5				3							5			3			20	80%	B
Chilco					5					5					4						5			3			22	88%	A
Paniquindra y Magdalena					5					5						5					5			3			23	92%	A
Ilumán					5					5				3							4			3			20	80%	B
Abatag					5					5					4						4			3			21	84%	A
Karabuela					5					5					4							5		3			22	88%	A
La Bolsa					4					5		2									5			3			19	76%	B
Loma Gorga					4					5					4						5			3			21	84%	A
Caluquí					5					5					4						5			3			22	88%	A
Mojanda					5					5				3							5			3			21	84%	A
Alto					4					5					4						5			3			21	84%	A
Sumak-Yaku					5					5				3							5					5	23	92%	A
San José Alto					4					5					4						5				4		22	88%	A
San Joaquín				3						4		1									4			2			14	56%	C

Nota. Categorías (A, B, C y D) en base a la ponderación de los criterios representativos de los sistemas comunitarios de agua potable.

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

En la Figura 47, se muestra que el 67% de todos los sistemas estudiados son categoría A, es decir son sistemas que cuentan con todos los componentes requeridos para el buen funcionamiento como sistema, están contruidos con el material idóneo, cuentan una planta de tratamiento, finalmente estos sistemas mantienen su infraestructura en buen estado, lo cual evidencia el desempeño de las actividades de mantenimiento; el 28% de los sistemas comunitarios estudiados son categoría B, puesto que no cumplen de manera adecuada con uno o más de los criterios antes mencionados y el 5% restante representa a los sistemas cuya infraestructura no presenta las condiciones para brindar agua de calidad a los usuarios.

Categorización del tipo de infraestructura de los sistemas comunitarios de agua potable

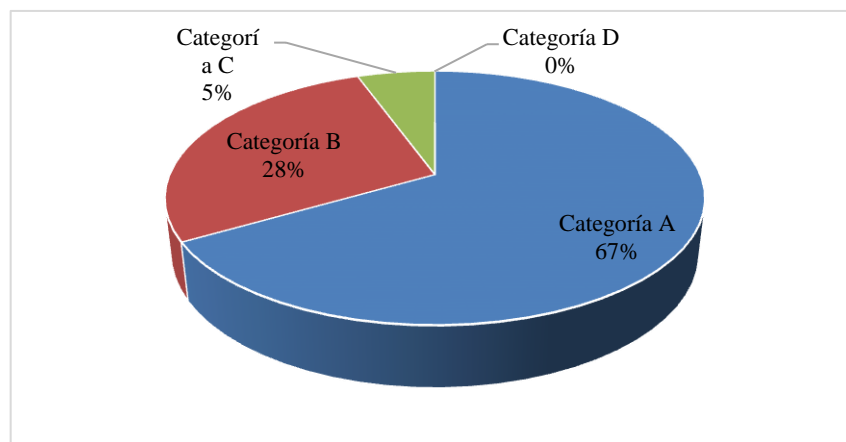


Figura 47. Categorización del tipo de infraestructura de los sistemas comunitarios de agua potable
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

6.2.4 Análisis descriptivo de las unidades de tratamiento

La necesidad o no de un tratamiento, depende de la calidad y tipo de fuente (subterránea o superficial). Existe situaciones en las que es necesario el tratamiento del agua, para hacerla apta para la bebida y el uso doméstico, sin embargo también se puede dar el caso de que no sea necesario tratamiento alguno.

6.2.4.1 Unidades de tratamiento

El mayor porcentaje de sistemas estudiados, son sistemas a gravedad con o sin tratamiento, por consiguiente el análisis realizado contempla las unidades típicas de este tipo de sistemas. En este punto, también se ha considerado a los tanques de almacenamiento como parte de las unidades, debido a que las poblaciones de ciertos microorganismos se reducen considerablemente durante el almacenamiento. Tal como se muestra en la Tabla 21, de los 18 ScAP estudiados únicamente el 17% tiene pre-filtros, el 17% tiene tanques desarenadores o pre-sedimentadores, el 28% tiene tanques sedimentadores, el 44% tienen tanques de filtración, el 61 % tienen un sistema de cloración y todos cuentan con tanques de almacenamiento de agua.

Tabla 21.

Unidades de tratamiento de un sistema comunitario de agua potable

Unidades de tratamiento	
Unidad	% SCAP
Pre filtros	
Tiene	17%
No tiene	83%
Tanque desarenador/presedimentador	
Tiene	17%
No tiene	83%
Tanque sedimentador	
Tiene	28%
No tiene	72%
Tanque de filtración	
Tiene	50%
No tiene	50%
Sistema de cloración	
Tiene	61%
No tiene	49%
Tanque de almacenamiento	
Tiene	100%
No tiene	0%

Nota. Porcentaje de unidades operativas de la planta de tratamiento de los ScAP.

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

El diseño de la planta de tratamiento, al igual que el diseño del sistema de agua para poblaciones rurales, depende del tipo y ubicación de la fuente de agua; lo cual explica que un ScAP puede requerir o no de todas las unidades de tratamiento para operar de manera eficiente y entregar agua de buena calidad a los usuarios. Un ejemplo claro es el ScAP Sumak-Yaku, que tiene una fuente de agua subterránea cerca del Lago San Pablo y únicamente requiere de un sistema clorador, tanque de almacenamiento y un sistema de bombeo para brindar agua de buena calidad y en cantidades suficientes a los usuarios que se abastecen de este sistema (véase Figura 36 y 37). Sin embargo también se da el caso de los ScAP, con fuentes superficiales ubicadas en páramos, que transportan el agua por gravedad y requieren de todas las unidades de tratamiento, tal es el caso del ScAP Caluquí que dispone de: desarenador en la línea de conducción, sedimentador, filtros lentos, caseta de cloración y tanques de almacenamiento (véase Figura 49).

6.2.4.2 Sub utilización de recursos: comparación de la disponibilidad de las unidades de tratamiento versus su uso

Tal como se observa en a Figura 48, de los 18 sistemas estudiados, se determinó que el solo el 17% de sistemas tienen pre-filtros y tanques desarenadores o pre-sedimentadores, mismos que si son correctamente utilizados para tratar el agua; el 28% de los sistemas tienen tanques sedimentadores, sin embargo, solo en 22% de los sistemas los utiliza. El 50% de los sistemas estudiados poseen tanques de filtración conocidos como “filtros lentos”pero, únicamente el 33% de todos los sistemas utiliza esta infraestructura; este hecho se produce porque las juntas administradoras no disponen de los recursos económicos necesarios para comprar los materiales (arena, grava) requeridos para montar lecho filtrante. El 67% de los sistemas estudiados, cuentan con un sistema de cloración, sin embargo sólo el 50% utiliza los equipos, ya sea porque no cuenta con el material para desinfectar el agua o, porque la comunidad ha decidido no clorar; finalmente, todos los sistemas tienen y utilizan los tanques de almacenamiento.

Sub utilización de las unidades de tratamiento: comparación de la disponibilidad de las unidades versus su uso

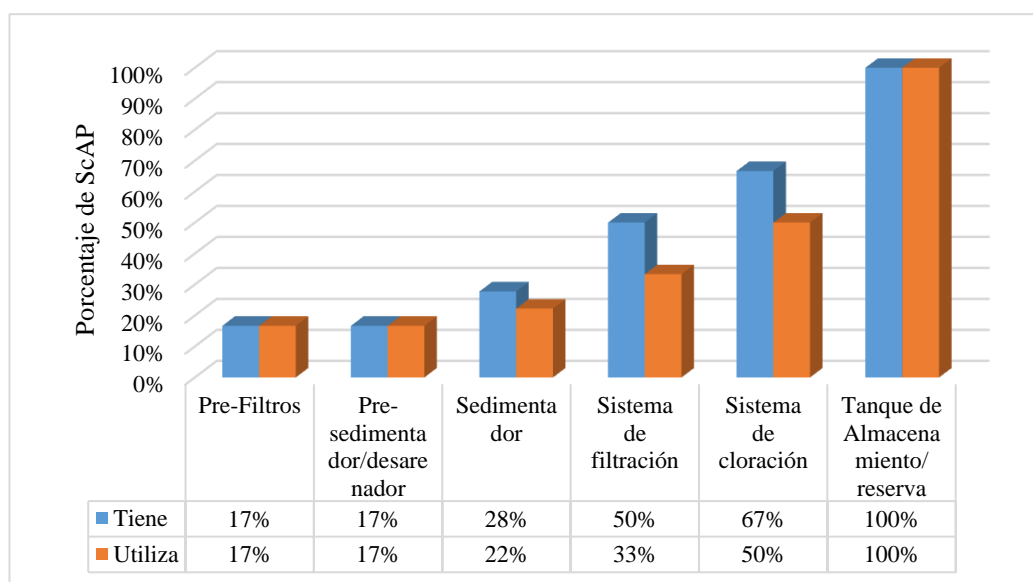


Figura 48. Sub utilización de las unidades de tratamiento: comparación de la disponibilidad de las unidades versus su uso

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

A pesar de que varios ScAP, disponen de la infraestructura necesaria para realizar los procesos de tratamiento de agua, se observa que dichos recursos no son aprovechados eficientemente; este hecho, puede afectar a la calidad de agua entregada al consumidor. El uso ineficiente de recursos, ocurre principalmente debido a factores culturales como la creencia de que el “cloro se utiliza para lavar la ropa, causa cáncer y es dañino para la salud del ser humano”. Los ScAP Antonio Ante y San Joaquín, son ejemplos claros de sistemas, que no realizan el proceso de desinfección, por mitos o creencias culturales.

6.2.4.3 Material de construcción de las unidades de tratamiento

Los materiales utilizados para la construcción de las unidades de tratamiento del agua destinada para consumo humano se describen en la Tabla 22.

Tabla 22.

Descripción del material de construcción de las unidades de tratamiento

Unidades	Descripción
Pre-filtros	Del los 18 ScAP estudiados, el 17% de los sistemas cuentan con prefiltros, de los cuales el 11% son lechos filtrantes y un 6% de los sistemas utilizan como pre filtro material petreo colocado en las captaciones.
Tanque pre-sedimentador/ desarenador	De los 18 ScAP estudiados, el 17% de los sistemas cuentan con tanques pre sedimentadores o desarenadores, de los cuales el 11% esta construido a base de concreto aramado y el restante 6% es de concreto simple. Respecto a la forma de los sedimentadores todos presentan una estructura rectangular.
Tanque sedimentador	De todos los sistemas estudiados, unicamente un el 28% de los sistemas cuentan con tanques sedimentadores; mismos que son cjas rectangulares construidas de concreto armado.
Tanque de filtración	De todos los sitemas estudiados tan solo el 50% de los sistemas cuentan con tanques de filtración “filtros lentos” construidos de concreto armado, de los cuales el 33% es de forma circular y el restante 17% es de forma rectangular.
Sistema de cloración: Caseta de cloración	De todos los sitemas comunitarios de agua potable estudiados, el 89% de los sistemas cuentan con la infraestructura de una caseta de cloración, necesaria para proteger los dosificadores de cloro; el 50% de casetas esta construida de bloque o ladrillo con techo de concreto y el restante 39% estan construidas de paredes de bloque y ladrillo con techo de eternit o zinc. Las casetas son generalmente ubicadas sobre los tanques de almacenamiento de agua tratada.
Tanque de Almacenamiento/ reserva	Todos los sitemas estudiados cuentan con tanques de almacenamiento de agua tratada, construidos de concreto armado con tapa de metal, de los cuales la mayoría (89%) son de forma

Nota. En la descripción se consideró las principales unidades de tratamiento de un sistema comunitario de agua potable.

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

Del estudio se determinó que las unidades de tratamiento de los ScAP, en su mayoría son construidas de concreto armado; los tanques sedimentadores, desarenadores o pre-sedimentadores son diseñados de forma rectangular; los tanques de filtración “filtros lentos” son de flujo descendente en todos los casos y presentan forma circular o cuadrada; las casetas de cloración son construidas a base de ladrillo y bloque, para las paredes y concreto, eternit o zinc, para los techos; finalmente, los tanques de almacenamiento son de tipo enterrados o semienterrados, construidos de concreto armado de forma rectangular o cuadrada (véase la Figura 49).

Planta de tratamiento del ScAP de la junta Caluquí

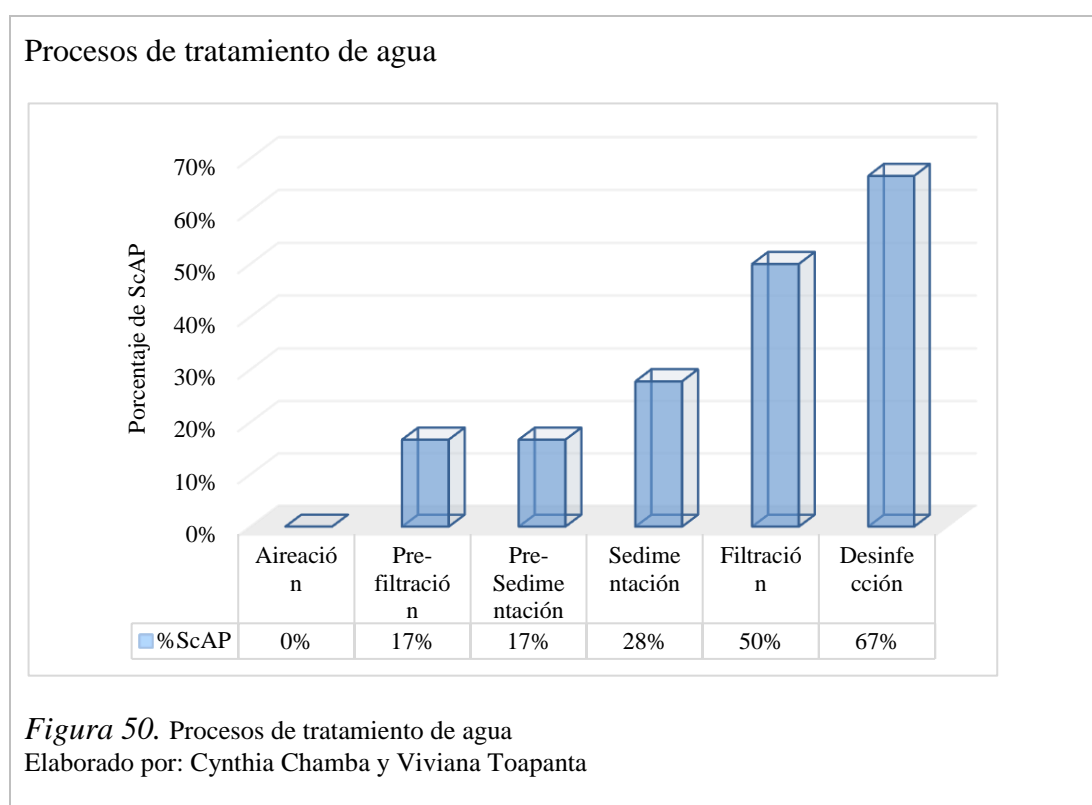


Figura 49. Planta de tratamiento del ScAP de la junta Caluquí
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

6.2.4.4 Procesos de tratamiento

El agua requiere atravesar por una serie de procesos para ser purificada y llegar al usuario final con las condiciones mínimas requeridas para el consumo humano. El tipo de tratamiento empleado para obtener dichas condiciones, puede ser muy

variado dependiendo de la calidad del agua bruta. En la Figura 50, se observa que la desinfección con cloro, es el proceso más utilizado para tratar el agua en los sistemas comunitarios de agua potable, pues el 67% de los ScAP realizan este proceso; seguido de éste, el 50% de ScAP realizan el proceso de filtración, el 28% realizan la sedimentación, el 17% realiza la pre filtración y ninguno de los ScAP realiza el proceso de aireación; lo cual evidencia que este último, es uno de los procesos menos utilizados para tratar el agua destinada a uso doméstico en zonas rurales.



6.2.4.4.1 Descripción de los procesos de tratamiento de agua

La necesidad de realizar el proceso de pre filtración, depende de la calidad de agua, sobre todo en época de invierno, por el incremento de la turbidez del agua. El no realizar el proceso de filtración, puede afectar a las subsiguientes unidades como los filtros lentos, sistema de cloración o sistema de bombeo.

Tal como se observa en la Figura 50, tan solo un 17% de los sistemas realiza el proceso de pre filtración, para realizar este proceso no necesariamente se requiere de un tanque pre-filtro, al contrario los operadores suelen utilizar diversos tipos de materiales como: enrejado con mallas, material pétreo o un lecho filtrante.

En la Tabla 23, se muestra que el 17% de los sistemas utiliza un técnica de enrejado con barras de hierro y mallas, el 11% utiliza material pétreo y un 6% de los sistemas utiliza un lecho filtrante; un claro ejemplo es ScAP Ilumán, el cual hace que el agua fluya a través de un pequeño lecho filtrante de rocas, grava y arena, previo ingreso al sistema de cloración (véase Figura 51).

Tabla 23.
Descripción del proceso de pre filtración

Prefiltración	
Material	% SCAP
Enrejado/mallas	17%
Material pétreo	11%
Lecho filtrante	6%

Nota. Material pétreo: rocas de distinto tamaño. Lecho filtrante: grava, arena y arcilla.
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

Pre filtro del ScAP de la junta Ilumán



Figura 51. Pre filtro del ScAP de la junta Ilumán
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

- Sedimentación

En la Figura 50, se muestra que el 28% de los sistemas comunitarios de agua potable estudiados realizan el proceso de sedimentación.

La sedimentación se trata de una operación de separación sólido-fluido, en la que las partículas sólidas de una suspensión, más densas que el fluido, se separan de éste por la acción de la gravedad. En los ScAP, se puede observar dos tipos de sedimentación: la primera, la sedimentación simple que únicamente se realiza por acción de la gravedad y; la segunda, la sedimentación con coagulantes en el cual se adiciona compuestos químicos para encapsular las partículas de menor tamaño y crear partículas de mayor tamaño, que precipitan al fondo de los tanques sedimentadores por acción de la gravedad. En la Tabla 24, se muestra que ninguno de los sistemas que realizan el proceso de sedimentación adiciona compuestos químicos (coagulantes), por el contrario la sedimentación es realizada de manera simple.

Tabla 24.
Tipo de sedimentación

Sedimentación	
Tipo	% SCAP
Simple	17%
Con coagulantes	0%

Nota. En la sedimentación con coagulantes se utiliza agentes químicos.
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

- Filtración

En la Figura 50, se muestra que el 50% de los sistemas comunitarios de agua potable estudiados, realizan el proceso de filtración. De los cuales el 28 % tiene filtros lentos circulares y el 22% restante tiene filtros lentos rectangulares, tal como se observa en la Tabla 25. En ambos casos los filtros operan por acción de la gravedad, es decir, son filtros de flujo descendente.

Tabla 25.
Tipo de filtración

Filtración	
Tipo de filtro	% SCAP
Filtro lento circular	28%
Filtro lento rectangular	22%

Nota. Tipo de filtros según la forma.
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

La filtración es el proceso mediante el cual se purifica el agua haciéndola pasar a través de un material poroso o “lecho filtrante”. La filtración, se realiza con la finalidad de separar las partículas y microbios que no fueron separados en procesos

anteriores. Este proceso se realiza a través de un “filtro lento”, dentro del cual se coloca un lecho de grava y arena fina a través del cual el agua se cuela lentamente hacia abajo. Debido al tamaño del grano fino, los poros del lecho de filtro son pequeños. La materia suspendida presente en el agua cruda es retenida mayormente en la parte superior del lecho de filtro. Un ejemplo claro del proceso de filtración y en sí de los filtros lentos, se puede ver en el ScAP Loma Gorda, el cual tiene dos filtros lentos circulares (véase Figura 52).

Filtros lentos circulares del ScAP de la junta Loma Gorda



Figura 52. Filtros lentos circulares del ScAP de la junta Loma Gorda
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

- Desinfección

En la Figura 50 se observa que el 67% de los sistemas comunitarios de agua potable estudiados realizan el proceso de desinfección del agua. Este proceso es uno de los más importantes y necesarios para brindar agua de buena calidad, ya que en este se elimina todo tipo de microbios que causan enfermedades. En los ScAP se utiliza como desinfectante principal las pastillas de cloro, o solución de cloro; es así que en la Tabla 26, se observa que el 44% de los sistemas comunitarios de agua potable utiliza para la desinfección pastillas de cloro, el 17% de los sistemas utiliza una solución de cloro preparada a base de cloro granulado y el 6% de los sistemas utiliza como desinfectante sal yodada.

Tabla 26.

Compuesto utilizado para el proceso de desinfección

Desinfección	
Compuesto utilizado	% SCAP
Pastillas de cloro	44%
Solución de cloro	17%
Sal yodada	6%

Nota. Tipo de desinfección según el compuesto o agente químico aplicado

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

La desinfección es el proceso más importante en el tratamiento de agua, por ello hay que saber elegir el mejor desinfectante, siendo el cloro en sus diferentes presentaciones la mejor alternativa. El cloro y sus compuestos son las sustancias químicas más exitosas en materia de desinfección, debido a su capacidad para destruir patógenos con bastante rapidez y su amplia disponibilidad que lo hace muy adecuados para la desinfección. Su costo es moderado y es, por esta razón, ampliamente usado como desinfectantes en todos los sistemas comunitarios de agua potable. En la Figura 53 se puede ver los cartuchos de las pastillas de cloro utilizados por el ScAP Espejo para desinfectar el agua.

Pastillas de cloro utilizadas para la desinfección



Figura 53. Pastillas de cloro utilizadas para la desinfección. ScAP de la junta Eugenio Espejo
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

El cloro es colocado a través de dosificadores, en el mercado existen varios tipos y presentaciones de estos equipos, un ejemplo claro es equipo Provita 3 utilizado en varios sistemas comunitarios de agua potable, por su facilidad de uso (véase Figura 54). Sin embargo también existen otras formas más sencillas, aunque no son las más

recomendables, son muy prácticas como, colocar el compuesto directamente en los tanques, tal como lo hace el ScAP San José Alto.

Dosificador de cloro PROVITAB 3.



Figura 54. Dosificador de cloro PROVITAB 3. ScAP de la junta Ilumán
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

En la Tabla 27, se muestra cuatro tipos de sistemas de cloración o dosificadores utilizados por los operadores de los sistemas comunitarios de agua potable, para realizar el proceso de cloración, siendo el dosificador por erosión de tabletas el más común, puesto que es utilizado por el 50% de sistemas comunitarios de agua potable; el 17% de sistemas restante clora el agua sin la necesidad de equipo alguno, para esto el operador prepara una solución de cloro y las coloca directamente en los tanques de almacenamiento.

Tabla 27.

Tipo de sistema dosificador de cloro

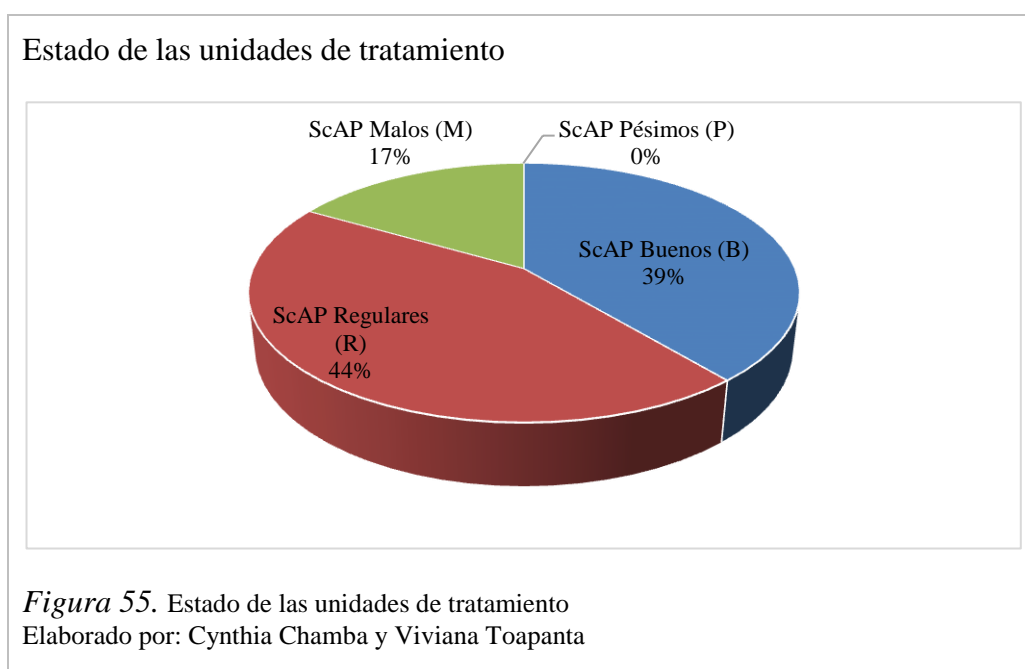
Sistema de cloración	
Tipo	% ScAP
Sistema dosificador por goteo o flujo constante	0%
Hipoclorador de flujo por difusión	0%
Dosificador por erosión de tabletas	50%
Sin equipo dosificador	17%

Nota. Sin equipo dosificador, el cloro es colocado de manera manual en los tanques.
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

6.2.4.5 Estado de las unidades de tratamiento

Se realizó un análisis multi-criterio de cada una de las unidades, que forma parte de la infraestructura utilizada para el tratamiento de agua destinada para consumo humano. Los resultados fueron: bueno, regular, malo o pésimo (véase anexo 9).

En la Figura 55 se puede observar que el 39% de los sistemas comunitarios de agua potable estudiados, presentan un buen estado de conservación de las unidades de tratamiento, puesto que reciben un mantenimiento regular, se encuentran pintadas y no se observa un proceso de deterioro; el 44% de los ScAP están en estado regular, ya sea porque sus unidades no reciben una revisión y mantenimiento continuo o se ha observado un deterioro parcial en la infraestructura; el 17% de los ScAP se encuentran en mal estado, ya que es evidente el deterioro en la infraestructura y en último lugar ningún ScAP se encuentra en pésimas condiciones o estado.



6.2.5 Categorización de la infraestructura utilizada en el tratamiento de agua

A cada sistema comunitario de agua potable, se le asignó una categoría (A, B, C o D), para determinar la categoría a la cual pertenece el sistema, se ha considerado una serie de criterios pre establecidos, tales como: unidades de la planta de tratamiento, material de construcción de las unidades, procesos de tratamiento, sub utilización de

recursos o unidades y estado de la infraestructura. Los resultados de la ponderación se muestran en la Tabla 28.

Tabla 28.
Categorización del tipo de unidades de tratamiento

CATAGORIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA UTILIZADA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA DE LOS ScAP																												
SISTEMA (ScAP)	Unidades					Material de construcción					Procesos de tratamiento					Subutilizacion de unidades					Estado de la infraestructura					Σ	Rango: 81-100(A) 61-80(B) 41-60(C) . 0-40(D)	Categoría
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
Cochaloma			3							5			3							5			3			19	76%	B
Tuquerez-Tomaturu			3							5			3							4			3			18	72%	B
Ugsha		2								4		1					1						3			11	44%	C
Antonio Ante		2								5	1						2					2				12	48%	C
Eugenio Espejo			3							5			3							5			3			19	76%	B
Chilco				4						5				4						5				4		22	88%	A
Paniquindra-Magdalena				4						5				4						5					5	23	92%	A
Ilumán			3							5			3							4					5	20	80%	B
Imbabura Abatag			3							5			3							5					5	21	84%	A
Karabuela				4						5				4						5					5	23	92%	A
La Bolsa			3							5			3							5			3			19	76%	B
Loma Gorda			3							5	2						2						3			15	60%	C
Caluquí					5					5				4						5					5	24	96%	A
Mojanda			3							5	1						1						3			13	52%	C
San Miguel Alto				4						4			3				2								5	18	72%	B
Sumak Yaku			3							5			3							5					5	21	84%	A
San José Alto				4						5			3					3					3			18	72%	B
San Joaquín		2								4		1					2					2				11	44%	C

Nota. Los sistemas comunitarios de agua potable fueron categorizados (A, B, C o D) en función de la ponderación de cinco criterios representativos.
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

En la Figura 56 se muestra que el 33 % de los 18 sistemas estudiados son categoría A, ya que estos sistemas cuentan con las unidades necesarias para realizar los procesos de tratamiento de agua, dichas unidades están construidas con el tipo de material más idóneo para el fin que fue diseñado y es evidente el buen estado de las unidades de tratamiento; el 28% de los sistemas comunitarios estudiados son categoría B, debido a que no cumplen de manera adecuado con uno o más de los criterios antes mencionados; y el 39% restante son categoría C, la cual representa a los sistemas cuyas unidades de tratamiento no están en condiciones de ser operadas,

y por ende no están en la capacidad de brindar un servicio de calidad a la comunidades, que se abastecen de estos sistemas.

Categorización del tipo de unidades de tratamiento

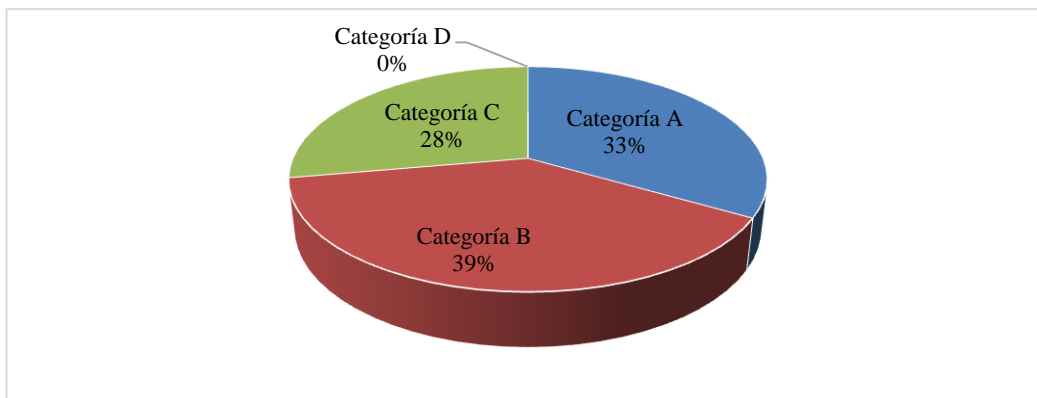


Figura 56. Categorización del tipo de unidades de tratamiento

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

6.2.6 Operación y mantenimiento

En los sistemas comunitarios de agua potable (ScAP) se realizan actividades de operación y mantenimiento en cada uno de los componentes, desde la captación, tanque desarenador, pre-sedimentador, sistema de filtración, línea de conducción, los tanques rompe presión, sistema de cloración (dosificadores), tanque de almacenamiento, hasta concluir en la red de distribución y conexiones domiciliarias.

Actividades de operación y mantenimiento ejecutadas por los operadores

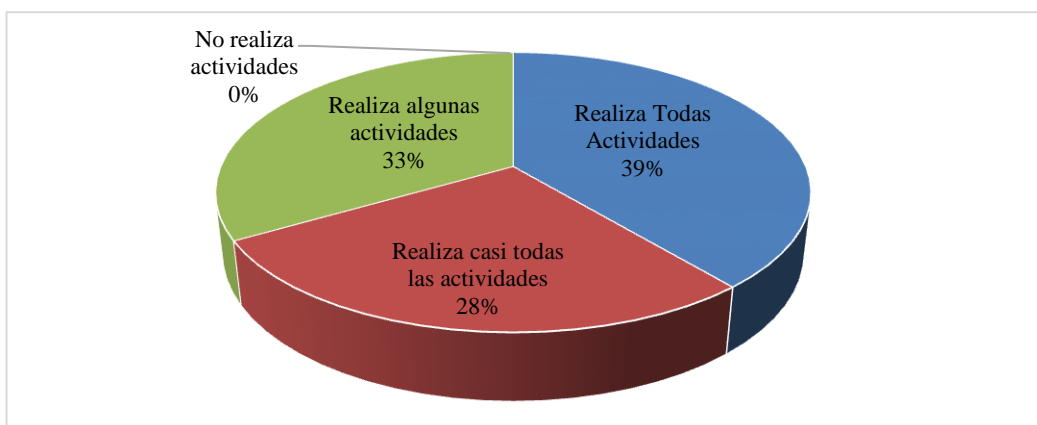


Figura 57. Actividades de operación y mantenimiento ejecutadas por los operadores

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

En la Figura 57, se puede observar que de los 18 ScAP únicamente el 39% de sistemas realizan las actividades de operación y mantenimiento requeridas para mantener el sistema en óptimas condiciones, el 28% realizan casi todas las actividades de operación y mantenimiento y el 33% realizan algunas de las actividades, cabe recalcar que en todos los ScAP se realizan actividades de limpieza del sistema. En la tabla 29 se detalla las actividades realizadas con mayor frecuencia en cada componente:

Tabla 29.

Actividades de operación y mantenimiento realizadas con mayor frecuencia en el ScAP

Componente	Actividad
Captación	Limpieza del área de la captación
	Control y lubricación de las válvulas
Tanques rompe presión	Limpieza del interior y exterior
	Control de las válvulas y del desperdicio de agua
Tanques desarenador, pre sedimentador y filtro	Corrección de filtraciones
	Limpieza de residuos (material flotante) y limpieza del interior y exterior
Conducción	Control de válvulas
	Control de conexiones clandestinas
	Limpieza del área de conducción
	Corrección de fugas
Dosificadores de cloro	Regulación el agua
	Limpieza del equipo
	Cambio de cartuchos
Tanque de almacenamiento	Control de fisuras o fugas de agua
Red de distribución	Control de fugas
	Controla del desperdicio de agua
Conexiones domiciliarias	Inspección de conexiones
	Lectura de medidores

Nota. Actividades que permiten que las unidades se encuentren operativas
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

6.3 Cobertura de la distribución de los sistemas comunitarios de agua potable

La cobertura de distribución de los sistemas comunitarios de agua potable, depende del grado de dispersión de los usuarios (viviendas) y la densidad poblacional de las comunidades. Es así que los sistemas con mayor dispersión de usuarios y menor

densidad poblacional, tienden largas longitudes de redes de agua potable para brindar el servicio a los usuarios más lejanos. Además, las redes de agua son instauradas según la demanda de nuevos usuarios, sin diseño previo o apoyo técnico.

Los sistemas comunitarios de agua potable distribuyen el agua desde los tanques de almacenamiento hasta las viviendas de los usuarios través de dos redes de distribución: una principal y una secundaria. Las tuberías de distribución son de 32o 25 mm PVC generalmente. La cobertura de las redes de conducción y distribución se puede visualizar en el mapa de ubicación de los ScAP en la zona Pesillo-Imbabura (véase anexo 11).

Tal como se observa en la Figura 58, el 17 % de sistemas brindan el servicio de agua potable a un promedio de 280-430 usuarios por kilómetro cuadrado, este porcentaje representa a los sistemas con mayor cantidad de usuarios y cobertura; el 33% de sistemas brindan el servicio a un promedio de 162-280 usuarios/km², el 22% de sistemas brindan el servicio a un promedio de 50-162 usuarios/km²; y finalmente el restante 28% brinda el servicio de agua potable a un promedio de 24-25 usuarios/km²; este último porcentaje representa a los sistemas con menor cantidad de usuarios por kilómetro cuadrado, ya que están ubicados en áreas de baja densidad poblacional, lo cual evidencia la necesidad de colocar largas redes de distribución destinadas a dar el servicio a escasas viviendas. La cobertura de distribución del agua potable, se presenta en el Mapa de cobertura de distribución de los ScAP (véase anexo 12).

Niveles de sostenibilidad de los ScAP

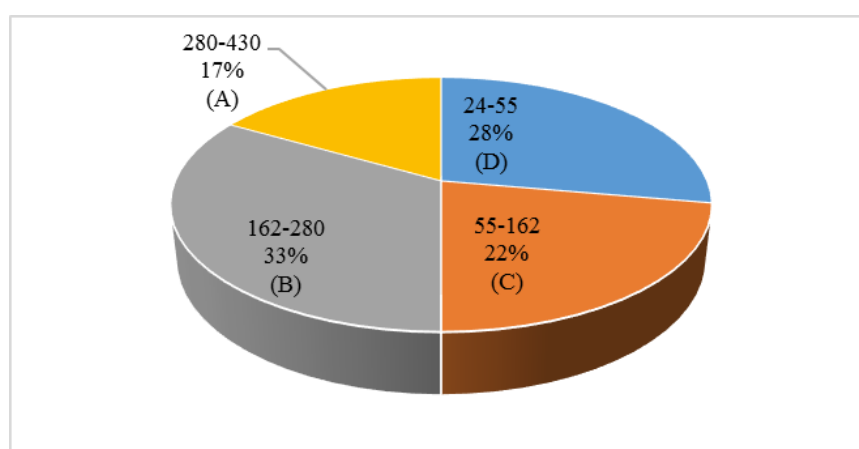


Figura 58. Niveles de sostenibilidad de los ScAP
Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

6.4 Sostenibilidad de los sistemas comunitarios de agua potable (ScAP)

En la Tabla 30, se presenta la evaluación de los niveles de sostenibilidad de los ScAP, para lo cual se analizó los componentes ambiental, económico y social. Se tomó en cuenta las categorías de la fuente, medidas de protección, gestión administrativa y continuidad del servicio, y en cuanto al componente económico se consideró si la junta invierte en infraestructura, operación y mantenimiento de los ScAP.

De tal manera que un sistema comunitario de agua potable es sostenible, cuando cuentan con fuentes de buena calidad, tienen medidas de protección y realizan acciones encaminadas a la conservación de las fuentes de agua; asimismo, cuentan con la infraestructura en óptimas condiciones y brindan un servicio de calidad, cantidad y continuidad. Los ScAP que se encuentran en un proceso de deterioro, son aquellos sistemas que muestran una tendencia negativa tanto en el aspecto de organización como en el estado de la infraestructura, presentan interrupciones en la continuidad del servicio y los sistemas que se encuentran en grave proceso de deterioro, son sistemas que muestran una desorganización casi total, no se observa la participación de la comunidad y las actividades de operación y mantenimiento no se las realiza.

Tabla 30.
Evaluación de los niveles de sostenibilidad de los ScAP

SISTEMA	RESUMEN DE RESULTADOS									PONDERACION									TOTAL	NIVEL DE SOSTENIBILIDAD
	F	M.P	G.A	C.S	E.I.S	T.I.S	T.I.U.T	O.M	C	F	M.P	G.A	C.S	E.I.S	T.I.S	T.I.U.T	O.M	C		
Cochaloma	A	B	C	C	R	A	B	CTA	C	4	3	2	4	3	4	4	3	2	29	PROCESO DE DETERIORO
Túquez-Tomato	B	C	C	IS	M	A	B	AA	D	3	2	2	2	2	4	4	2	1	22	PROCESO DE DETERIORO
Ugsha	C	D	C	IS	M	B	C	AA	C	2	1	2	2	2	3	2	2	3	19	GRAVE PROCESO DE DETERIORO
Antonio Ante	B	D	C	PS	M	B	C	AA	A	3	1	2	1	2	3	2	2	4	20	PROCESO DE DETERIORO
Eugenio Espejo	A	A	C	C	R	B	B	TA	B	4	4	2	4	3	3	3	4	3	30	SOSTENIBLE
Chilco	A	A	C	C	R	A	A	TA	D	4	4	2	4	3	4	4	4	1	30	SOSTENIBLE
Paniquindra-Magdalena	A	B	A	C	R	A	A	CTA	C	4	3	4	4	3	4	4	3	2	31	SOSTENIBLE
Ilumán	A	B	C	C	B	B	B	CTA	B	4	3	2	4	4	3	3	3	3	29	PROCESO DE DETERIORO
Imbabura Abatag	C	B	A	PS	R	A	A	AA	D	2	3	4	1	3	4	4	2	1	24	PROCESO DE DETERIORO
Karabuela	A	B	B	C	R	A	A	CTA	B	4	3	3	4	3	4	4	3	3	31	SOSTENIBLE
La Bolsa	A	B	D	C	R	B	B	CTA	A	4	3	1	4	3	3	3	3	4	28	PROCESO DE DETERIORO
Loma Gorda	B	A	B	IS	R	A	C	TA	C	3	4	3	2	3	4	2	4	2	27	PROCESO DE DETERIORO
Caluquí	A	A	B	C	R	A	A	TA	C	4	4	3	4	3	4	4	4	2	32	SOSTENIBLE
Mojanda	B	B	B	ID	R	A	C	AA	D	3	3	3	3	3	4	2	2	1	24	PROCESO DE DETERIORO
San Miguel Alto	B	A	B	ID	R	A	B	TA	B	3	4	3	3	3	4	3	4	3	30	SOSTENIBLE
Sumak Yaku	A	B	A	C	B	A	A	TA	A	4	3	4	4	4	4	4	4	4	35	SOSTENIBLE
San José Alto	B	C	D	PS	B	A	B	TA	D	3	2	1	1	4	4	3	4	1	23	PROCESO DE DETERIORO
San Joaquín	B	C	D	PS	M	C	C	AA	C	3	2	1	1	2	2	2	2	2	17	GRAVE PROCESO DE DETERIORO

Nota. A cada criterio de la tabla se dio una calificación de 1 a 4, siendo 4 la mayor calificación y 1 la menor. Resultado de la ponderación se tiene cuatro categorías: sostenible, en proceso de deterioro, grave proceso de deterioro y colapsado.

Elaborado por: Cynthia Chamba y Viviana Toapanta

Los criterios establecidos para determinar el nivel de sostenibilidad de los sistemas comunitarios de agua potable, se detallan:

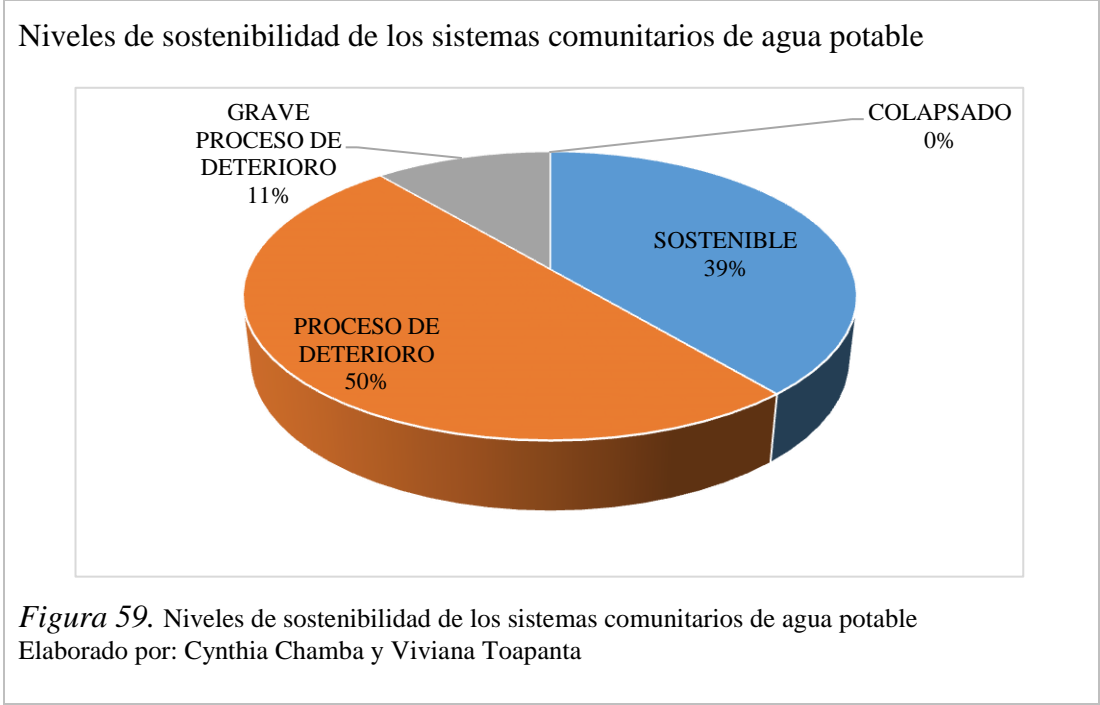
- F: categorización de las fuentes (categoría A, B, C o D).
- M.P: categorización de las medidas de protección de las fuentes hídricas (A, B, C o D)
- G.A: categorización de la gestión administrativa para la protección de las fuentes (A, B, Co D)
- CS: continuidad del servicio (continuo, interrumpido diariamente, interrumpido en la semana, pasando una semana)
- EIS: estado de la infraestructura de los sistemas (buena, regular, malo, pésimo)
- TIS: tipo de infraestructura de los sistemas (A, B, C o D)
- TIUT: tipo de infraestructura de las unidades de tratamiento (A, B, C o D)
- OM: actividades de operación y mantenimiento del sistema (realiza todas las actividades, casi todas las actividades, algunas actividades, no realiza)

- C: cobertura del sistema (denotada por las letras A, B, C o D acorde al número de usuarios que abastece el sistema por kilómetro cuadrado).

En la Figura 59 se muestra que solo el 39% de los 18 sistemas estudiados son sostenibles ya que sus fuentes de agua son categoría A y esto se debe a que el tipo de fuente es subterránea, se encuentra en ecosistema de herbazal de páramo, existe gran cantidad de vegetación nativa tanto alrededor como en la limitación de la fuente por lo que el caudal recolectado que abastece a estos sistemas puede cubrir la demanda del servicio ininterumpidamente las 24 horas durante la época de invierno como verano, además las juntas de agua realizan actividades de protección como el cercado, cortafuegos, mingas de limpieza con el fin de salvaguardar la fuente hídrica, conjuntamente a estas acciones las juntas de agua destinan recursos para el adecuado mantenimiento y operación de la infraestructura de todo el sistema ya que la junta les provee de materiales necesarios para la inspección y limpieza de cada uno de los componentes que conforman el sistema, un ejemplo claro de esto es el ScAP de Sumak-Yaku, esta junta tiene una adecuada organización por lo que una parte de los recursos recolectados son destinados para la remuneración y capacitación del operador además de dotar los materiales suficientes para su adecuado funcionamiento.

La mayor parte (50%) de ScAP, están en procesos de deterioro, esto se debe a que tienen una mala gestión y falta de ejecución de actividades de operación y mantenimiento y presentan interrupciones en la continuidad del servicio, un ejemplo claro es el ScAP de Ilumán, aunque sus fuentes de abastecimiento de agua son categoría A y realizan actividades de protección de fuentes es notorio el descuido de ciertos componentes como son la captación, tanque desarenador, conducción y los tanques rompe presión, esto se debe a que los recursos que la junta destina para realizar las actividades de mantenimiento no son suficientes a esto se suma la falta de capacitación del operador y; finalmente, el 11% de los sistemas están en grave proceso de deterioro ya que las actividades de operación y mantenimiento no se llevan a cabo debido a su desorganización y no se observa la participación de la comunidad, uno de los ScAP que se encuentra en estas condiciones es el ScAP de Ugsha, este sistema es uno de los sistemas que presenta mayor problema ya que por la falta de interés y la mala gestión administrativa, no se realizan actividades de mantenimiento en todo el sistema siendo los componentes más afectados la

captación, tanque desarenador y tanque de almacenamiento a esto se suma la falta de acciones para la conservación de la fuente, ocasionado con esto que en épocas de verano el servicio de agua potable solo lo tengan cada 15 días. Los niveles de sostenibilidad por cada sistema se presenta en el Mapa de niveles de sostenibilidad de los ScAP (véase anexo 13).



CONCLUSIONES

- La mayor parte de los sistemas comunitarios (68%), se abastecen de fuentes subterráneas que afloran a la superficie terrestre como manantiales; mientras que un porcentaje menor (32%), se abastecen de aguas superficiales como: quebradas y lagunas.
- La mayor cantidad de fuentes que abastecen estos sistemas (64%), se localizan a altitudes que varían entre 3100 y 3736 msnm, dentro de ecosistemas de alta montaña como: bosque siempre verde montano alto, arbustal siempre verde montano alto y páramo de herbazal y; un porcentaje menor de fuentes (36%) se localiza a altitudes que varían entre 2670 y los 3000 msnm, dentro de ecosistemas intervenidos por el ser humano como, centros poblados o terrenos de las juntas de agua.
- En la investigación se evidencio que las actividades y acciones llevadas a cabo por las Juntas Administradoras de agua potable(JAAP), para la protección y conservación de las fuentes hídricas, con mayor frecuencia son: el cercado (89%), la reforestación (78%) y las mingas de limpieza (78%); seguidas de éstas, se realiza el control de la carga animal (57%), cortafuegos (50%). Además, se constató que el 78% de las juntas responsables de los sistemas comunitarios de agua potable no cuentan con un reglamento y plan de manejo para la conservación de las fuentes hídricas.
- El tipo de sistema característico de la zona de estudio, es el sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento, el 61% de sistemas comunitarios de agua potable estudiados son de este de tipo, puesto que las fuentes se ubican a altitudes mayores respecto a la comunidad a la cual abastece; el 11% son sistemas a gravedad sin tratamiento, el 6% son sistemas a gravedad o bombeo sin tratamiento y el 11% de sistemas son mixtos, debido a que utilizan una combinación de los diferentes tipos de sistemas.
- En función de los componentes típicos de los sistemas de agua potable, se concluyó que el 39 % de los sistemas cuentan con tanques recolectores cuya función es recoger y transportar los caudales por una sola línea de conducción, el 61% de los sistemas cuentan con un tanque repartidor de caudal, el 83% de los sistemas cuentan con tanques rompe presión, y todos

los sistemas estudiados cuentan con algún tipo de tanques de tratamiento, tanques de almacenamiento y válvulas de aire y/o purga.

- El 22% de los sistemas cuentan con una estación de bombeo, debido a que tienen fuentes de agua a altitudes menores respecto la comunidad a la cual abastece. El 75 % de las captaciones son cajas cuadradas construidas de concreto armado con tapa de metal y tienen rejillas para evitar el ingreso de materiales extraños, el 83% y 89% de los sistemas utiliza tuberías de PVC para la conducción y distribución de agua respectivamente y el 94% de sistemas tienen medidores de agua. De la caracterización de las unidades de tratamiento de los sistemas comunitarios de agua potable, se concluye que: el 17% de sistemas tienen pre filtros, de lechos filtrantes o material pétreo colocado en las captaciones, y tanques desarenadores rectangulares contruidos de concreto armado, el 28% de los sistemas tienen tanques desarenadores rectangulares contruidos de concreto armado, el 50% de los sistemas tienen tanques de filtración descendentes “filtros lentos”, contruidos de concreto armado ya sea de forma circular o rectangular.
- El 89% de los sistemas tienen casetas de cloración para proteger los dosificadores de cloro, y todos los sistemas disponen de tanques de almacenamiento rectangulares o cuadrados, contruidos de concreto armado con tapa de metal.
- La necesidad de un proceso de tratamiento y por ende, de una unidad de tratamiento, depende de la calidad y tipo de fuente (subterránea o superficial); es así que el proceso más utilizado para tratar el agua cruda, es la desinfección, el 67% de los sistemas comunitarios de agua potable realizan este proceso ya sea a través del uso de dosificadores de tabletas o de manera manual y; seguido de la desinfección, el proceso más utilizado es la filtración, el 50% de sistemas realizan este proceso a través de filtros lentos descendentes. Del análisis del estado de cada una de las unidades utilizadas para el tratamiento de agua destinada para el consumo humano, se concluye que el 39% de los sistemas comunitarios de agua potable, mantienen las unidades de tratamiento en buen estado, puesto que reciben un mantenimiento regular y se encuentran pintadas; el 44% de las unidades de tratamiento de los sistemas comunitarios de agua potable están en estado regular, puesto que en

no se realiza un mantenimiento continuo; y el 17% de las unidades de tratamiento de los sistemas comunitarios de agua potable se encuentran en mal estado. Los sistemas comunitarios de agua potable con mayor cobertura de usuarios por kilómetro cuadrado son: Antonio Ante, La Bolsa y Sumak Yaku, con 280-450 usuarios/ km² aproximadamente, puesto que abastecen a sectores con alta concentración poblacional y menor dispersión de usuarios por kilómetro cuadrado y los sistemas comunitarios de agua potable con menor cobertura son Tuquerez-Tomaturu, Ugsha, Imbabura Abatag, Mojanda y San José Alto, con 24-44 usuarios/km², puesto que abastecen a sectores con baja densidad poblacional y alta dispersión de usuarios por kilómetro cuadrado.

- Esta investigación comprobó la hipótesis de trabajo y se rechaza la hipótesis nula; es decir, que " El estado de las fuentes hídricas, las medidas de protección e infraestructura dentro de los sistemas comunitarios de agua potable en la zona Pesillo-Imbabura inciden en la cantidad de tratamientos necesarios para obtener agua apta para consumo humano"; puesto que las medidas adoptadas para proteger y conservar las zonas de recarga hídrica, influyen directamente en la calidad de agua de las fuentes y; a su vez, la calidad de la fuente condiciona la necesidad de optar por una o más opciones tecnológicas para el tratamiento de agua. De igual manera, el mantenimiento periódico y uso eficiente de la infraestructura, reduce los riesgos de contaminación del recurso y permite mantener la calidad de agua de las fuentes; lo cual, disminuye exigencia de implementar nuevos procesos de tratamiento, para brindar un servicio de calidad.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las juntas administradora, responsables del manejo de los sistemas comunitarios de agua potable, concientizar a la población e incluirla en todas las actividades encaminadas al cuidado, protección y conservación de los ecosistemas de las fuentes de agua. Además, se recomienda generar propuesta y proyectos que permitan mejorar la gestión administrativa para la conservación de las fuentes.
- Se recomienda realizar un estudio de la situación actual de los acuíferos que son aprovechados como fuentes de abastecimiento de agua. Se recomienda impulsar con mayor énfasis la valoración ambiental y social de los recursos hídricos y ecosistemas de páramo.
- Se recomienda capacitar permanentemente al personal encargado de la operación y mantenimiento de los sistemas comunitarios de agua potable; también, se recomienda destinar los recursos económicos necesarios, para mantener el sistema operativo y en correcto funcionamiento. Se recomienda planificar la infraestructura de los sistemas comunitarios de agua potable en coordinación con el ordenamiento territorial de cada sector, con el fin de planificar adecuadamente con un enfoque de sostenibilidad; es decir, que respondan a las condiciones técnicas, económicas, sociales, ambientales y culturales del sector; ya que es evidente que las redes de agua potable definen el modelo territorial y juegan un papel muy importante en el desarrollo futuro del sector. Se recomienda elaborar un artículo científico que permita evidenciar, la realidad actual de los sistemas comunitarios de agua potable de las comunidades rurales de la Zona Pesillo- Imbabura y que llegue a manos de los tomadores de decisiones del ámbito público local.
- Se recomienda socializar los resultados de esta investigación, incluyendo los mapas temáticos, con las diferentes comunidades del área de influencia del proyecto.

LISTA DE REFERENCIAS

- Acosta-Solis; Hofstede. (2013). *Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental*. Quito.
- Agencia Catalana del Agua. (2010). Vocabulario del Agua. Cataluña, España.
- AGER. (2013). *Ager ingenieros: ingeniería, agricultura y arquitectura*. Recuperado el 14 de 11 de 2014, de Los Sistemas de Información Geográfica: características y aplicaciones generales:
<http://www.ager.es/actividad/medioambiente.php>
- Agüero, R. (2003). *Agua potable para poblaciones rurales. Sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento* (1 ed.). Lima: SER.
- Aguilar, L. (2009). Contaminación Ambiental.
- Aguilar, P., & Ballesteros, M. (1995). Operación y Mantenimiento de Sistema Rurales de Agua Potable con captación superficial: Guía para operadoras y operadores de los sistemas. *MIDUVI*, 6.
- Alvarez, A., & Muenala, D. (2013). Infraestructura de los sistemas de agua potable y su relación con la cantidad y calidad de agua en zonas rurales del cantón Cayambe. Quito, Ecuador.
- AMCO. (2007). *Sistema de información ambiental*. Recuperado el 16 de 05 de 2014, de Protección y Captación de Pequeñas Fuentes de Agua:
<http://www.infoambiental.org/siam/index.php/docs/guias/details/40/16/guias-protecci%C3%B3n-y-captaci%C3%B3n-de-peque%C3%B1as-fuentes-de-agua,-amco-2007?start=20>
- Arias, B. A. (2011). *Diseño de un sistema de tratamiento para potabilizar el agua del cantón Caluma*. Riobamba.
- Ascencio, M. T. (25 de Marzo de 2010). Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones. Morelos, Morelos, Mexico.
- Báez, S., Josse, C., & Medina, B. (2013). *Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental*. Quito.
- Barrios, C., Torres, R., Lampoglia, T., & Agüero, R. (2009). Guía de orientación en saneamiento básico para alcaldías de municipios rurales y pequeñas comunidades. *Servicios Educativos Rurales SER*, 125.
- Calle, T. (2014). *Tutorial (nivel intermedio) con ArcGIS*.
- CAMAREN. (2006). *Foro de los Recursos Hídricos 4to encuentro nacional*. Quito: Activa Diseño.
- CAMAREN. (2002). *Programa de capacitación a promotoras y promotores campesinos*. Quito.


- CARE Internacional-Avina. (2012). Módulo 5. Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua Potable. *Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades*. Ecuador.
- Cevallos, M. (2011). *Actualización del Plan de Desarrollo y Formulación del Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Otavalo*. Otavalo.
- Córdoba, M. V. (2012). *Estudio para el tratamiento, manejo, y disposición final de lodos generados en plantas de tratamiento de agua potable*. Quito.
- CPE:INEN/Parte 9.2. (1997). Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. Quito.
- Cuesta, F., & Salgado, S. (2013). *Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental*. Quito.
- Enríquez, I. V., & Lozano, E. (2003). *Sistemas de Agua Potable para Poblaciones Rurales en la Región Litoral del Ecuador*. Guayaquil.
- Español Hesperian . (2011). *Guía Comunitaria para la Salud Ambiental*.
- Fernández, Á. (2013). *Suministro de agua segura a comunidades indígenas de Cotacachi- Ecuador*. Quito.
- Fernández, F. (2006). *Indicadores de sostenibilidad y medio ambiente*. Andalucía: Egondi Artes Gráficas S.A.
- Fernández, N., & Buitrón C., R. (2011). Derecho al Agua y Saneamiento: avances, límites y retos. En *Develando el desencanto: Informe sobre derechos humanos Ecuador 2010*. Quito: Abyayala.
- GADs Cangahua. (2012). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Cangagua*. Pichincha.
- García, E. (2009). *Manual de Proyectos de Agua Potable en Poblaciones Rurales*. Lima.
- Gordillo, O. (2009). *Ecología del Ecuador*. Recuperado el 18 de 01 de 2015, de file:///G:/TESIS/doc%20inf/fuentes/ogordillo%20%20ECOLOG%C3%8DA%20DEL%20ECUADOR.html
- IGN. (23 de Marzo de 2012). *Instituto Geográfico Nacional de España-- Centro Nacional de Información Geográfica* . Obtenido de Geoinstitutos.com: http://www.geoinstitutos.com/art_03_coher2.asp
- INAMHI. (2013). *Anuario Meteorológico 2011*. Quito.
- ITACA. (2005). *Manual de Abastecimiento de agua potable por gravedad con tratamiento*. Lima.
- Jiménez, J. M. (2010). *Manual para el diseño de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario*. Veracruz, México.

- Lampoglia, T., Agüero, R., & Barrios, C. (2008). *Guía de orientación en saneamiento básico para alcaldes y alcaldesas de municipios rurales y pequeñas comunidades*. Asociación Servicios Educativos Rurales.
- León, J. (2013). *Sistemas de protección de fuentes de agua y su relación con la cantidad y calidad zonas rurales del cantón Cayambe*. Quito.
- Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua. (2014). *Registro oficial N° 305*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Llambí, L., Soto, A., Célleri, R., De Bievre, B., Ochoa , B., & Borja , P. (2012). *Ecología, hidrología y suelos de páramo* . Quito: Proyecto páramo andino.
- Lozano, P. (2013). *Sistemas de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental* . Quito.
- MAE. (2013). Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. En M. d. Ecuador. Quito, Ecuador: Subsecretaría de Patrimonio Natural.
- Martínez, F. (2002). Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a la gestión técnica de redes de distribución de agua potable. Valencia.
- MIDUVI. (2006). *Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda*. Recuperado el 15 de 12 de 2014, de <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/programa-de-agua-potable-regional-pesillo-imbabura/>
- MIDUVI. (2006). *Operación y mantenimiento de Sistemas Rurales de Agua Potable con captación superficial: Guías para operadoras y operadores de los sistemas*. Quito.
- Ministerio de de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2003). *Estudios de base para la implementación de proyectos de agua y saneamiento en el área rural: Problemas, cobertura y sostenibilidad de los servicios*. Lima: INDEART.
- NTE INEN 1 108. (2011). *Agua potable*. Quito.
- NTE INEN 2655. (2012). *Implementación de plantas potabilizadoras*. Quito.
- OMS. (2005). Guía para la Desinfección de Agua para Consumo en Sistemas Rurales de Abastecimiento de Agua por Gravedad y Bombeo.
- OPS. (2005). Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores. Lima.
- OPS. (2005). Guía para el Diseño de Sistemas de Tratamiento en Múltiples Etapas. Lima.
- Orellana, I. J. (2005). *Tratamiento de las aguas*.
- Organización Panamericana de la Salud . (2005). *Guías para el Diseño de Estaciones de Bombeo de agua potable*. Lima.
- Pearce-Oroz, G. (2011). *Los desafíos del agua y saneamiento rural en América Latina para próxima década*. Lima: Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial.

- Reyes , E., & Quezada, G. (2009). *Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua Potable*. Recuperado el 10 de 6 de 2014, de CONSORCIO CAMAREN.
- Saavedra, C. (2009). *El manejo, protección y conservación de las fuentes de agua y recursos naturales- Cartilla Educativa*. La Paz.
- Salgado, S., Cuesta, F., Báez , S., Medina Torres, B., Josse, C., & Romoleroux, K. (2013). *Sistema de Clasificación de Ecosistemas en el Ecuador Continental*. Quito.
- Salgado, S., Cuesta, F., Baéz, S., & Medina Torres, B. (2013). *Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental*. Quto.
- Salgado, S., Cuesta, F., Báez, S., Josse, C., & Medina, B. (s.f.). *Sistema de Claasificación de Ecosistemas del Ecuador*. Quito: 135.
- Sánchez Bravo, A. (2006). *Agua: Recurso Escaso*. Sevilla: Arcibel Editores,S.L.
- Somoza, J. (2010). *Árboles Nativos*. La Paz, Argentina.
- Unidad de Gestión del Proyecto Programa Nacional de Agua y Saneamineto Rural (UGP-PRONASAR). (2003). *Estudios de base para la implementación de proyectos de agua y saneamiento en el área rural*. Lima.
- Vásconez Mena, P., & Medina, G. (2010). *La Biodiversidad de los Páramos en el Ecuador*. Quito.
- Vera, N. (2007). *Alternativas de Potabilización para el agua que abastecerá a la ampliación de Aeropuerto Internacional de la ciudad de México*. México D.F.

ANEXOS

Anexo 1. Ficha de caracterización y medidas de protección de las fuentes hídricas

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA					
"ESTUDIO DE LOS SISTEMAS COMUNITARIOS DE AGUA POTABLE EXISTENTES EN LA ZONA PESILLO-IMBABURA.- ANÁLISIS DE LAS FUENTES HÍDRICAS, MEDIDAS DE PROTECCIÓN E INFRAESTRUCTURA UTILIZADA EN EL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO".					
FICHA PI-02 CARACTERIZACIÓN Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN DE LAS FUENTES HÍDRICAS					
APLICADA POR: _____ FECHA: _____					
CÓDIGO DE LA FICHA: PI-02-	HORA DE INICIO: _____ HORA DE FINALIZACIÓN: _____				
SECCIÓN 1. DATOS GENERALES DEL SISTEMA DE FUENTES DE HÍDRICAS PARA CONSUMO HUMANO					
NOMBRE REGIONAL O JUNTA: _____					
CANTÓN: _____	PARROQUIA: _____				
COMUNIDAD: _____	SECTOR: _____				
SECCIÓN 2. CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE HÍDRICA					
IDENTIFICACIÓN Y UBICACIÓN DE LA FUENTE					
Nº	NOMBRE DE LA FUENTE	COMUNIDAD (donde está la Fuente)	SECTOR	CAUDAL	SUPERFICIE PROTEGIDA
F1					
F2					
F3					
F4					
CROQUIS					

VEGETACIÓN DENTRO DE LA DELIMITACIÓN DE LA FUENTE						
Reforestación			Vegetación existentes			
Nº	Plantas Nativas (Enumere)	Plantas exóticas (Enumere)	Paja	Árboles (Enumere)	Arbustos	Hierba
F1						
F2						


SECCIÓN 3. CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO DE LA FUENTE		
ÁREA DE UBICACIÓN DE LA FUENTE	F1	F2
Reserva/área protegidas		
Terrenos privados		
Terrenos dentro de la frontera agrícola		
Terrenos de la Junta		
Terrenos fuera de la frontera agrícola		
Terrenos poblados		
Tierras productivas		
Sitios turísticos		
Sitio de patrimonio cultural		
Bosque Nativo		
Páramos		

TIPO DE VEGETACIÓN DEL ENTORNO DE LA FUENTE								
Nº	Cultivo (Enumere)	Sin vegetación	Especies Nativas (Enumere)	Paja	Especies exóticas (Enumere)	Páramo de pajonal	Páramo pantanoso	Páramo Herbáceo de Almohadillas
F1								
F2								

ANIMALES QUE ENCUENTRE EN EL ENTORNO DE LAS FUENTES	
Nº	Enumere
F1	
F2	

SECCIÓN 4. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL		
En la fuente encontramos presencia de:		
Nº	Enumere	
F1		
F2		
SECCIÓN 5. PROTECCIÓN DE FUENTES		
¿Qué actividades realiza para la protección de las fuentes?	F3	F4
Cortafuegos		
Disminución y control de la carga animal		
Cercado		
Tipo de cercado (Especifique: con palos y alambre/malla/plantas)		
Forestación o Reforestación		
Tipo de forestación o reforestación (Especifique: con plantas nativas/ exóticas)		
Acciones realizadas por la junta para la protección de las fuentes hídricas:		
¿La Junta posee un plan de manejo de protección de fuentes?		
¿Qué interés y participación tiene los usuarios en acciones de protección de fuentes?		
¿La Junta destina recursos para el cuidado de los páramos, bosques y/o fuentes de agua?		
¿La Junta tiene proyectos y propuestas de cuidado y conservación de fuentes?		
¿Cuáles son los proyectos y propuestas de cuidado y conservación de fuentes que tiene la junta?		
¿Cuál es la superficie destinada para la protección de fuentes de agua?		
¿La Junta o la Comunidad cuentan con un reglamento sobre protección de fuentes de agua?		
¿Existen sanciones para las personas que causen daños y destrucción a los páramos y fuentes de agua?		
¿Cuáles son las sanciones para las personas que causen daños y destrucción a los páramos y fuentes de agua?		
OBSERVACIONES:		
Firma de responsabilidad:		
Colaborador:	Encuestador:	
Nombre:		
Teléfono:		

Anexo 2. Caracterización de la infraestructura, operación y mantenimiento de los sistemas comunitarios de agua potable.

		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	
"ESTUDIO DE LOS SISTEMAS COMUNITARIOS DE AGUA POTABLE EXISTENTES EN LA ZONA PESILLO-IMBABURA.- ANÁLISIS DE LAS FUENTES HÍDRICAS, MEDIDAS DE PROTECCIÓN E INFRAESTRUCTURA UTILIZADA EN EL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO".			
FICHA PI-03 CARACTERIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA			
APLICADA POR:		FECHA:	
CODIGO DE LA FICHA: PI-03-CCH	HORA DE INICIO:	HORA DE FINALIZACIÓN:	
SECCIÓN 1. DATOS GENERALES DEL SISTEMA DE FUENTES DE HÍDRICAS PARA CONSUMO HUMANO			
NOMBRE REGIONAL O JUNTA:			
CANTÓN:		PARROQUIA:	
COMUNIDAD:		SECTOR:	
SECCIÓN 2. INFRAESTRUCTURA			
BOCETO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA			
Empty space for the drawing			

Tipo de captación					Nº de captaciones		
Concreto con tapa de metal	Concreto con tapa de concreto		Hierro				
Posee tubería de desfogue	SI	NO	¿A dónde va el exceso de agua?		Desagüe		
					Entrada		
					Salida		
Posee rejillas o canastilla en la captación que impida el acceso de basura			SI	NO	Tipo:	Barras de hierro	
						Malla de alambre	
						Otros	
Cuántos km de conducción tiene hasta llegar a los tanques de tratamiento					Capacidad de los tanques de captación		
Conducción 1							
Conducción 2							
Realizan procesos de purificación previo a la distribución del agua			De qué tipo	Aireación	Sedimentación		Filtración
					Simple	Con coagulantes	
SI NO							
Tiene Filtros	Nº filtros	Tamaño del filtro	Materiales que se utiliza:		Problemas frecuentes:		
SI NO							
Qué tipo y tamaño de tubería utiliza para conducir el agua:							
Descripción		(pul) tubería	Asbesto	PVC	Canal abierto	Manguera	
De las captaciones al tanque de almacenamiento							
Desde el tanque hasta los domicilios							
Conexiones domiciliarias							
Tiene tanques rompe presión		De qué tipo				Nº de Tanques	
		Concreto armado con tapa de acero	Concreto armado con tapa de metal	Otros			
SI NO							
Posee tubería de desfogue	SI	NO	¿A dónde va el exceso de agua?	Desagüe			
				Entrada			
				Salida			
Posee compuertas en el sistema	SI	NO	¿En qué lugar?				
¿Cuántas válvulas tiene?							
Control (paso directo)			Aire				

¿El almacenamiento y desinfección de agua lo realiza en un solo tanque?		SI		NO	
Tiene tanques de almacenamiento		De qué capacidad		Nº de tanques	
SI		NO			
De qué tipo		Forma			
Aéreos o Elevados	Enterrados o semienterrados	Rectangular	Circular	Cuadrada	
Material					
Tiene tanques de tratamiento (desarenadores)		De qué capacidad		Nº de tanques	
SI		NO			
De qué tipo		Forma			
Aéreos o Elevados	Enterrados o semienterrados	Rectangular	Circular	Cuadrada	
Material:		Tiempo de sedimentación:			
¿Dónde se encuentra la tubería de desfogue del agua en el tanque de tratamiento?					
¿A dónde va el agua que sale del desfogue?					
Posee casetas de cloración		SI		NO	
Cuál es el material de construcción de:					
Paredes	Techo	Puerta/ventanas	Piso		
Tiene sistema de cloración		¿Qué tipo de compuesto utiliza para la desinfección del agua?			
		Pastillas de cloro	Solución de cloro	Sal yodada	
SI		NO			
¿Cuál es la dosis de compuesto utilizado para la desinfección?					
¿Cada qué tiempo realiza la desinfección?					
¿Sabe utilizar el clorador?		SI	NO	¿El agua siempre se encuentra clorada o desinfectada?	
				SI	NO
¿Por qué?					
¿Ha tenido algún problema o daños con el manejo del clorador?					
Conexiones Domiciliarias					
Elemento de toma (T o abrazadera)	Elemento de conducción	Elemento de control (válvula de paso)	Conexiones al interior de la vivienda		
Tiene medidores de agua		Por qué?			
SI		NO			

Posee dispositivos de seguridad (candados) en las diferentes tapas de los tanques y cerramientos del sistema					Si	No
Componente del sistema	SI/NO	Estado del sistema de agua			Año de construcción	
		Regular	Bueno	Malo		
Tanque de captación						
Tanque recolector						
Tanque rompe presión						
Tanque de almacenamiento/Reservorios						
Tanque de tratamiento(desarenadores)						
Tanque repartidor						
Casetas de cloración						
Conducción						
Otros						
Quien financió las obras de infraestructura						
Municipio	MIDUVI	CCC	C. Provincial	ONGS	Misma comunidad	Otros
¿Cada que tiempo se realizan mingas generales en la Junta?						
Cada mes		Cada 3 meses		Cada 6 meses		Otro
¿Qué actividades se realiza en las mingas?						
Limpieza de caminos						
Limpieza de tanques de captación						
Limpieza de tanques de almacenamiento						
Limpieza de tanques de tratamiento						
Pinta los tanques						
Otros (Especifique)						
Observaciones:						



SECCIÓN 3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA													
Captación													
Actividad	Tiempo				Actividad	Tiempo							
	1 mes	3 meses	6 meses	Otros		1 mes	3 meses	6 meses	Otros	1 mes	3 meses	6 meses	Otros
Control de válvulas					Lubricación de válvulas								
Arreglo de tapas y seguridades					Limpieza de la captación								
Limpieza de cunetas					Limpieza del área de captación								
Sedimentador-desarenador- filtro													
Actividad	Tiempo				Actividad	Tiempo							
	1 mes	3 meses	6 meses	Otros		1 mes	3 meses	6 meses	Otros	1 mes	3 meses	6 meses	Otros
Limpieza del interior y exterior					Control de tapas, cámaras o válvulas								
Limpieza de residuos					Corrección de filtraciones								
Conducción													
Actividad	Tiempo				Actividad	Tiempo							
	1 mes	3 meses	6 meses	Otros		1 mes	3 meses	6 meses	Otros	1 mes	3 meses	6 meses	Otros
Corrección de fugas					Control de válvulas								
Control de conexiones clandestinas					Limpieza del área de conducción								
Tratamiento del agua													
Procesos	SI/NO	Mantenimiento				Procesos	SI/NO	Mantenimiento					
		1 mes	3 meses	6 meses	Otros			1 mes	3 meses	6 meses	Otros		
Aireación					Filtración								
Sedimentación					Reserva								
Pre-filtración					Desinfección								
¿Qué utiliza para el control de hierro?													
¿Qué utiliza para bajar o subir el Ph?													
Tanques Rompe presión													
Actividad	Tiempo				Actividad	Tiempo							
	1 mes	3 meses	6 meses	Otros		1 mes	3 meses	6 meses	Otros	1 mes	3 meses	6 meses	Otros
Limpieza del interior y exterior					Limpieza del equipo								
Controlan el desperdicio de agua					Cambio de								

Anexo 3. Ficha de georeferenciación del ScAP

		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA					
"ESTUDIO DE LOS SISTEMAS COMUNITARIOS DE AGUA POTABLE EXISTENTES EN LA ZONA PESILLO-IMBABURA.-ANÁLISIS DE LAS FUENTES HÍDRICAS, MEDIDAS DE PROTECCIÓN E INFRAESTRUCTURA UTILIZADA EN EL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO".							
FICHA PI-04 GEORREFERENCIACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA							
APLICADA POR:				FECHA:			
CÓDIGO DE LA FICHA: PI-04-		HORA DE INICIO:		HORA DE FINALIZACIÓN:			
SECCIÓN 1. DATOS GENERALES DEL SISTEMA DE FUENTES DE HÍDRICAS PARA CONSUMO HUMANO							
NOMBRE REGIONAL O JUNTA:							
CANTÓN:				PARROQUIA:			
COMUNIDAD:				SECTOR:			
SECCIÓN 2. GEORREFERENCIACIÓN DEL SISTEMA							
COMPONENTE DEL SISTEMA	SI/NO	NOMBRE DEL SITIO	PUNTO_ID	UBICACIÓN			Registro fotográfico (EN foto)
				NORTE	ESTE	COTA	
Captación							
Tanque recolector							
Tanque rompe presión							
Planta de tratamiento							
Tanque repartidor							
Tanque de almacenamiento/Reservorio							
Conducción (vivienda)							
Otro (Especifique)							

Anexo 4. Tabla de identificación de las fuentes de los ScAP

Regional	Sistema	Nombre Fuede	No. de Fuentes
ANGLA	Cochaloma	San Francisco 2	1
	Tuquerez-Tomaturu	Túquerez	1
		Tomaturu	1
	Ugsha	Ugsha	1
ANTONIO ANTE	Antonio Ante	Quebrada el Tambo-Cerro Imbabura	1
EUGENIO ESPEJO	Eugenio Espejo	Laguna Mojanda	1
IBARRA	Chilco	Chupacollar	3
	Paniquindra-Magdalena	Santa Martha	7
ILUMÁN	Ilumán	Ilumán Alto	1
		Ilumán Bajo	1
IMBABURA	Imbabura	Cerro Imbabura	2
		Picacho	1
KARABUELA	Karabuela	Gallo Pungo	1
		Toro Pugyo	1
		Rosas Pugyo	1
		Cullemburro	1
LA BOLSA	La Bolsa	La Bolsa	1
MOJANDA	Caluquí	Diablo Pungo-C	1
YANAHURCO	Loma Gorda	Diablo Pungo-LG	1
	Mojanda	Diablo Pungo-M	1
		Gallo Pugllo	1
SAN RAFAEL	San Miguel Alto	Turuco	1
SUMAK YAKU	Sumak-Yaku	Araque	1
TABACUNDO	San Joaquín	Quebrada Caucho	1
	San José Alto	Quebrada Caucho	1

Anexo 5. Listado de especies nativas y exóticas encontradas en las fuentes de los ScAP

ESPECIES NATIVAS				
Tamaño	Nombre común	Nombre científico	Familia	
Árboles	Pumamaqui	Oreopanax cf. ecuadorensis Seem.	ARALIACEAE	
	Quinual	Polylepis racemosa	ROSACEAE	
	Brach Quishuar	Buddleja incana R. & P	BUDLEJÁCEAS	
	Aliso	Alnus acuminata	BETULACEAE	
	Arrayan	Luma chequen	MYRTACEAE	
	Laurel	Morella pubescens (Humb. & Bonpl. Ex Wild)Wilbur	MYRICACEAE	
	Tishu kashua	Berberis pichinchensis Turcz.	BERBERIDACEAE	
	Cerote	Heperomeles obtusifolia (Pers.)Lindl	ROSACEAE	
Arbustos	Urku chocho	Lupinus pubescens	FABACEAE	
	Zapatitos	Calceolaria Microbefaria	CALCEOLARIACEAE	
	Arete de Inca	Brachyotum ledifolium	MELASTOMATACEAE	
	Allpa mortiño	Pernettya prostrata (Cav.)Sleumer	ERICACEAE	
	Mortiño	Vaccinium floribundum Kunth	ERICACEAE	
	Romerillo	Hypericum laricifolium	HYPERICACEAE	
Hierba	Chilka	Baccharis latifolia	ASTERACEAE	
	Caucho	Siphocampylus giganteus G.Dom	CAMPANULACEAE	
	Orejuela	Gunnera magellanica Lam	ROSACEAE	
	Almohadilla Plantago	Plantago rígida Kunth	PLANTAGINACEAE	
	Uka Uyuyo	Oxalis lotoides Kunth	OXALIDACEAE	
	Paja	G.Stipa	POACEAE	
		G.Calamagrotis	POACEAE	
		G.Festuca	POACEAE	
	Siksi de páramo	Cortaderia nitida Pilg.	POACEAE	
	Nachak sisa / ñachi	Bidens andicola Kunth	ASTERACEAE	
	Achicoria Blanca	Hypochaeris sonchoides Kunth	ASTERACEAE	
	Achicoria	Hypochaeris sessiliflora Kunth	ASTERACEAE	
	Tumpusu/almohadilla	Azorella pedunculata Wild. Ex DC	APIACEAE	
	Diente de león	Taraxacum officinalis	ASTERACEAE	
		Helechos andinos	G. Blechnum asplenioides	BLECHNACEAE
			G. Blechnum occidentale	BLECHNACEAE
	G. Blechnum tabulare		BLECHNACEAE	
	ESPECIES EXÓTICAS			
Árboles	Pino	Pinus sylvestris L.	PINACEAE	
	Eucalipto	Eucalyptus globulus labill	MYRTACEAE	

Anexo 6. Registro fotográfico de las especies nativas encontradas en las fuentes de los ScAP



Nombre común: Achicoria
Nombre científico: *Hypochaeris sessiliflora* Kunth
Familia: ASTERACEAE



Nombre común: Orejuela
Nombre científico: *Gunnera magellanica* Lam
Familia: ROSACEAE



Nombre común: Nachak sisa
Nombre científico: *Bidens andicola* Kunth
Familia: ASTERACEAE



Nombre común: Zapatitos
Nombre científico: *Calceolaria Microbefaria*
Familia: CALCEOLARIACEAE



Nombre común: Arete de Inca



Nombre común: Quinual

Nombre científico: *Brachyotum ledifolium*
Familia: MELASTOMATACEAE



Nombre común: Siksi de páramo
Nombre científico: *Cortaderia nitida* Pilg.
Familia: POACEAE

Nombre científico: *Polylepis racemosa*
Familia: ROSACEAE



Nombre común: Romerillo
Nombre científico: *Hypericum laricifolium*
Familia: HYPERICACEAE



Nombre común: Urku chocho
Nombre científico: *Lupinus pubescens*
Familia: FABACEAE



Nombre común: Caucho
Nombre científico: *Siphocampylus giganteus*
G.Dom
Familia: CAMPANULACEAE



Nombre común: Allpa mortiño
Nombre científico: *Pernettya prostrata*
(Cav.) Sleumer
Familia: ERICACEAE



Nombre común: Mortiño
Nombre científico: *Vaccinium floribundum*
Kunth
Familia: ERICACEAE



Nombre común: Chilka
Nombre científico: *Baccharis latifolia*
Familia: ASTERACEAE



Nombre común: Mora silvestre



Nombre común: Paja
G. Stipa



Nombre común: Helechos andinos
Nombre científico: *G. Blechnum occidentale*
Familia: BLECHNACEAE

Anexo 7. Tabla de tipo de red, tubería y diámetro (mm) de los ScAP

JAAP	ScAP	TIPO DE RED	TIPO DE TUBERÍA	DIAMETRO (mm)
Tabacundo	San José Alto	Línea de conducción	PVC	76,63,50, 32
Tabacundo	San José Alto	Distribución principal	PVC	63,50,32,25
Tabacundo	San Joaquín	Línea de conducción	Cemento	0
Tabacundo	San Joaquín	Línea de conducción	Manguera	52
Tabacundo	San Joaquín	Línea de conducción	PVC	63
Tabacundo	San Joaquín	Línea de conducción	Manguera	52
Tabacundo	San Joaquín	Distribución principal	PVC	50,32
Sumak Yaku	Sumak Yaku	Línea de conducción	PVC	200,160,110
Sumak Yaku	Sumak Yaku	Distribución principal	PVC	160,110,50,32,25
San Rafael	San Miguel Alto	Línea de conducción	PVC	40,32
San Rafael	San Miguel Alto	Distribución principal	PVC	40,32,25
Mojanda Yanahurco	Cajas Jurídica	Línea de conducción	PVC	110,90,50
Mojanda Yanahurco	Cajas Jurídica	Distribución principal	PVC	50,40,32,25
Mojanda Yanahurco	Eugenio Espejo-Cajas	Línea de conducción	PVC	90,50,25
Mojanda Yanahurco	Eugenio Espejo-Cajas	Distribución principal	PVC	63,50,40,32,25
Mojanda Yanahurco	Pijal	Línea de conducción	PVC	90,75,63,50,32
Mojanda Yanahurco	Pijal	Distribución principal	PVC	50,40,32
Mojanda Yanahurco	Pijal	Distribución secundaria	PVC	25
Mojanda Yanahurco	Pijal	Línea de impulsión	PVC	110,90,63,50
Mojanda Yanahurco	San Agustín de Cajas	Distribución principal	PVC	63,40,50,32,25
Mojanda Yanahurco	Loma Gorda	Línea de conducción	PVC	63
Mojanda Yanahurco	Loma Gorda	Distribución principal	PVC	32,25
Mojanda Yanahurco	Caluquí	Línea de conducción	PVC	63,50
Mojanda	Caluquí	Distribución principal	PVC	63,50,32

Yanahurco				
La Bolsa	La Bolsa	Línea de impulsión	PVC	63
La Bolsa	La Bolsa	Distribución principal	PVC	90
La Bolsa	La Bolsa	Distribución secundaria	PVC	63
Imbabura-Abatag	Imbabura-Abatag	Línea de conducción	PVC	40
Imbabura-Abatag	Imbabura-Abatag	Distribución principal	PVC	40,50,32
Imbabura-Abatag	Imbabura-Abatag	Distribución secundaria	PVC	40,32
Ilumán	Ilumán	Línea de conducción	PVC	90
Ilumán	Ilumán	Línea de conducción	PVC	63
Ilumán	Ilumán	Distribución principal	PVC	90,63,50
Ilumán	Ilumán	Distribución secundaria	PVC	63,50,40,32,25
Ilumán	Ilumán	Línea de impulsión	PVC	160
Ibarra	Magdalena	Distribución principal	PVC	63,50,40,32,25
Ibarra	Magdalena	Línea de conducción	PVC	63,40
Ibarra	Paniquindra	Línea de conducción	Manguera	63,52
Ibarra	Paniquindra	Línea de conducción	PVC	110,90,63,50,32
Ibarra	Paniquindra	Distribución principal	PVC	90,50,40,32,25
Ibarra	Chilco	Línea de conducción	PVC	52
Ibarra	Chilco	Línea de conducción	PVC	32
Ibarra	Chilco	Distribución principal	PVC	32
Karabuela	Karabuela	Línea de conducción	PVC	90,75,50,110
Karabuela	Karabuela	Distribución principal	PVC	110,90,63,50,40,75,32
Angla	Cochaloma	Distribución principal	PVC	60,32
Angla	Cochaloma	Línea de conducción	PVC	90
Angla	Cochaloma	Línea de conducción	HG	90
Angla	Cochaloma	Línea de conducción	Manguera	90
Antonio Ante	Antonio Ante	Línea de conducción	PVC	52
Antonio Ante	Antonio Ante	Distribución principal	PVC	60,52,40,32
Antonio Ante	Antonio Ante	Distribución secundaria	PVC	40,32
Angla	Tuquerez-Tomaturro	Línea de conducción	PVC	110,90,60
Angla	Tuquerez-Tomaturro	Distribución principal	PVC	32
Angla	Uksha	Línea de conducción	HG	60
Angla	Uksha	Línea de conducción	PVC	60,32
Angla	Uksha	Distribución principal	PVC	60,32
Eugenio Espejo	Espejo Urb	Línea de conducción	PVC	160,110,90
Eugenio Espejo	Espejo Urb	Distribución principal	PVC	90,63
Eugenio Espejo	Espejo Urb	Distribución secundaria	PVC	63,40,32

Anexo 8. Evaluación del estado de la infraestructura del ScAP

ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA DEL LOS SITEMAS DE AGUA POTABLE COMUNITARIOS																			
SISTEMA	CAPTACIÓN							LÍNEA DE CONDUCCIÓN				TANQUE TOMPE PRESIÓN							
	Tapa sanitaria en buenas condiciones	Tubería de desagüe despejada	Pintura en buen estado	Protegida (cercado/cerramiento)	Elementos de seguridad (candados)	Mantenimiento periódico	Total	%	Cubierta	Corrección de fugas periódica	Total	%	Tubería de desagüe despejada	Pintura en buen estado	Dispositivos de seguridad	Válvulas en buenas condiciones	Mantenimiento periódico	Total	%
Cochaloma		X			X	X	3	50%	X	X	2	100%	X		X	X		3	60%
Túquez-Tomaturu	X		X		X		3	50%	X	X	2	100%	X		X	X		3	60%
Ugsha				X			1	17%	X	X	2	100%	X		X			2	40%
Antonio Ante	X				X		2	33%		X	1	50%		X	X	X		3	60%
Eugenio Espejo							0	0%	X	X	2	100%	X		X		X	3	60%
Chilco	X	X		X	X	X	5	83%	X	X	2	100%	X	X	X	X		4	80%
Paniquindra y Magdalena	X	X	X				3	50%	X	X	2	100%	X	X	X	X	X	5	100%
Ilumán	X	X	X		X		4	67%	X	X	2	100%		X	X	X	X	4	80%
Imbabura-Abatag		X			X		2	33%	X	X	2	100%	X	X	X	X		4	80%
Karabuela							0	0%	X	X	2	100%						0	0%
La Bolsa		X		X	X		3	50%	X	X	2	100%						0	0%
Loma Gorda	X	X	X	X	X		5	83%	X	X	2	100%	X	X	X	X		4	80%
Caluquí	X	X	X	X	X		5	83%	X	X	2	100%	X	X	X	X		4	80%
Mojanda	X	X		X	X		4	67%	X	X	2	100%	X		X	X		3	60%
San Miguel Alto	X			X	X		3	50%	X	X	2	100%	X		X	X		3	60%
Sumak-Yaku		X	X	X	X		4	67%	X	X	2	100%						0	0%
San José Alto	X	X	X	X	X	X	6	100%	X	X	2	100%	X	X	X	X		4	80%
San Joaquín		X			X	X	3	50%	X	X	2	100%	X		X	X		3	60%

(CONTINUA....)

ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA DEL LOS SITEMAS DE AGUA POTABLE COMUNITARIOS																										
SISTEMA	PLANTA DE TRATAMIENTO						RESERVORIOS/TANQUE DE ALMACENAMIENTO						RED DE DISTRIBUCIÓN						CONEXIONES DOMICILIARIAS						PROMEDIO	ESTADO
	Tapas sanitarias en buenas condiciones	Cerramiento en buen estado	Dispositivos de seguridad (candados)	Pintura en buen estado	Mantenimiento periódico	Total	%	Dispositivos de seguridad (candados)	Pintura en buen estado	Tapas sanitarias en buenas condiciones	Mantenimiento periódico	Total	%	Revisión Permanente	Tubería cubierta	Mantenimiento Periódico	Total	%	Revisiones periódicas	Medidores en buen estado	Total	%				
Cochaloma	X		X			2	40%	X		X	X	3	75%	X	X		2	67%	X	X	2	100%	61%	R		
Túquerez-Tomaturó	X			X		2	40%	X		X		2	50%	X	X		2	67%	X	X	2	100%	58%	M		
Ugsha		X	X			2	40%	X		X		2	50%	X	X		2	67%	X	X	2	100%	52%	M		
Antonio Ante						0	0%	X		X		2	50%	X	X	X	3	100%		X	1	50%	49%	M		
Eugenio Espejo		X	X		X	3	60%	X			X	2	50%	X	X	X	3	100%	X	X	2	100%	67%	R		
Chilco	X	X	X	X	X	5	100%	X		X	X	3	75%	X	X	X	3	100%	X	X	2	100%	80%	R		
Paniquindra y Magdalena	X	X	X	X		4	80%	X	X	X	X	4	100%	X	X	X	3	100%	X	X	2	100%	79%	R		
Ilumán	X	X	X	X	X	5	100%	X	X	X	X	4	100%	X	X	X	3	100%	X	X	2	100%	0,8083	B		
Imbabura-Abatag	X	X	X	X	X	5	100%	X	X	X	X	4	100%	X	X	X	3	100%	X		1	50%	70%	R		
Karabuela	X		X	X	X	4	80%	X	X	X	X	4	100%	X	X		2	67%	X	X	2	100%	74%	R		
La Bolsa	X	X	X	X		4	80%	X		X	X	3	75%	X	X		2	67%	X	X	2	100%	67%	R		
Loma Gorda		X	X			2	40%	X			X	2	50%	X	X		2	67%	X	X	2	100%	65%	R		
Caluquí		X	X			2	40%	X			X	2	50%	X	X		2	67%	X	X	2	100%	65%	R		
Mojanda		X	X			2	40%	X		X		2	50%	X	X		2	67%	X	X	2	100%	60%	R		
San Miguel Alto	X	X	X			3	60%	X		X	X	3	75%	X	X		2	67%	X	X	2	100%	64%	R		
Sumak-Yaku	X	X	X	X	X	5	100%	X	X	X	X	4	100%	X	X	X	3	100%	X	X	2	100%	81%	B		
San José Alto	X	X	X	X		4	80%	X	X	X	X	4	100%	X	X	X	3	100%	X	X	2	100%	83%	B		
San Joaquín						0	0%	X		X		2	50%	X	X		2	67%		X	1	50%	54%	M		

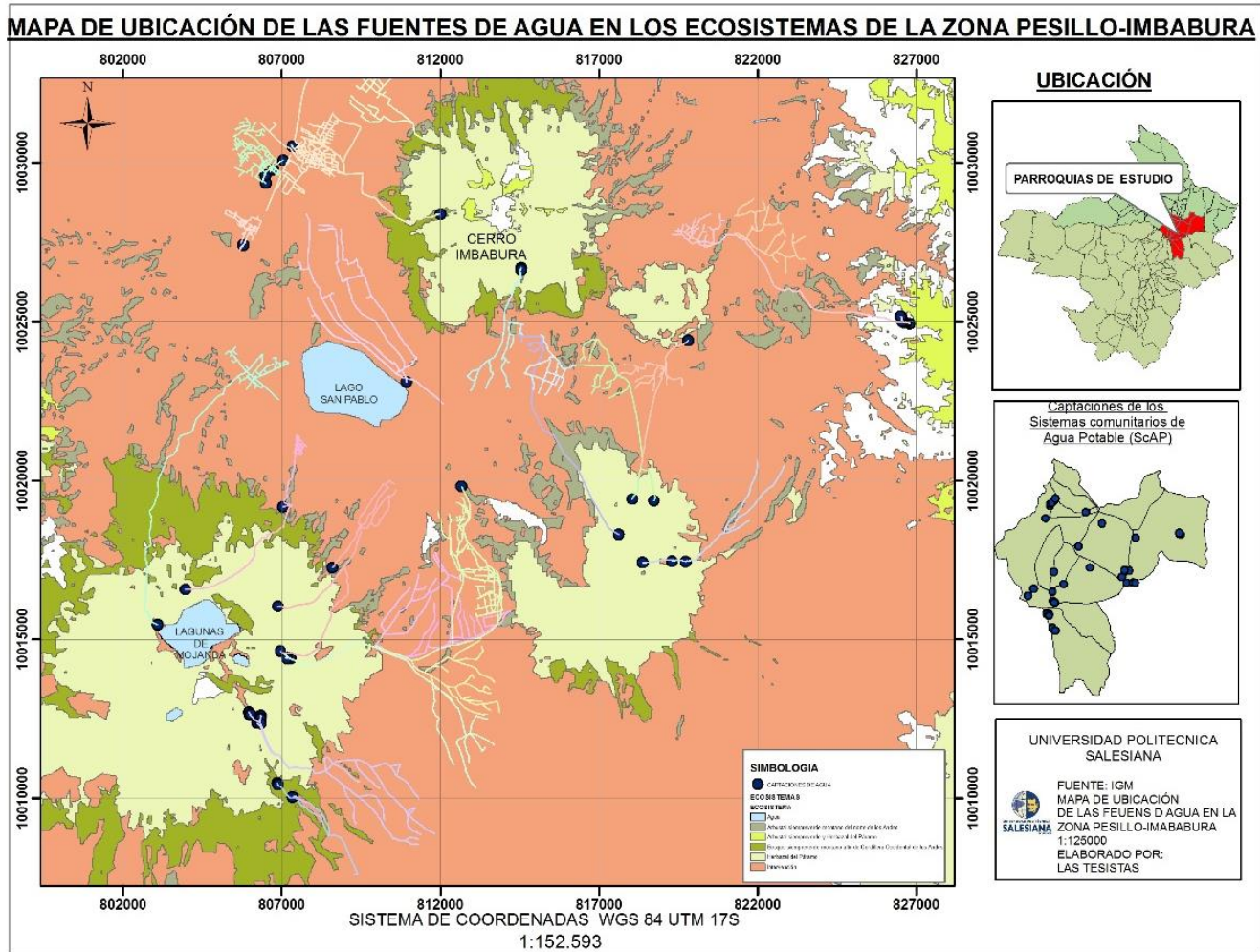
Anexo 9. Evaluación del estado de la infraestructura de las unidades de tratamiento de los ScAP

ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA DE LAS UNIADES DE TRATAMIENTO																		
SISTEMA	Pre-Filtros				Tanque desarenador						Tanque sedimetador							
	Utiliza materiales adecuados (grava, arena,etc.)	Limpieza periódica	Total	%	Pintura en buen estado	Válvulas sin corrosión u oxidación	Posee dispositivos de seguridad (candados)	Limpieza periódica	Total	%	Pintura en buen estado	Sin filtracion es o fugas	Válvulas sin corrosión u oxidación	Tapas sanitarias sin corrosión u oxidación	Posee dispositivos de seguridad	Limpieza periódica	Total	%
Cochaloma			0	0%			X	X	2	40%							0	0%
Túquerez-Tomaturó		X	1	50%					0	0%							0	0%
Ugsha			0	0%					0	0%							0	0%
Antonio Ante			0	0%					0	0%							0	0%
Eugenio Espejo			0	0%					0	0%							0	0%
Chilco			0	0%		X	X	X	3	60%							0	0%
Paniquindra-Magdalena			0	0%					0	0%	X	X	X	X	X	X	6	100%
Ilumán	X	X	2	100%					0	0%							0	0%
Imbabura Abatag			0	0%					0	0%							0	0%
Karabuela	na	na	0	0%					0	0%							0	0%
La Bolsa			0	0%					0	0%							0	0%
Loma Gorda			0	0%					0	0%							0	0%
Caluquí			0	0%		X	X	X	3	60%		X	X		X	X	4	67%
Mojanda			0	0%					0	0%		X			X		2	33%
San Miguel Alto			0	0%					0	0%		X		X	X		3	50%
Sumak Yaku			0	0%					0	0%							0	0%
San José Alto			0	0%					0	0%		X	X		X	X	4	67%
San Joaquín			0	0%					0	0%							0	0%

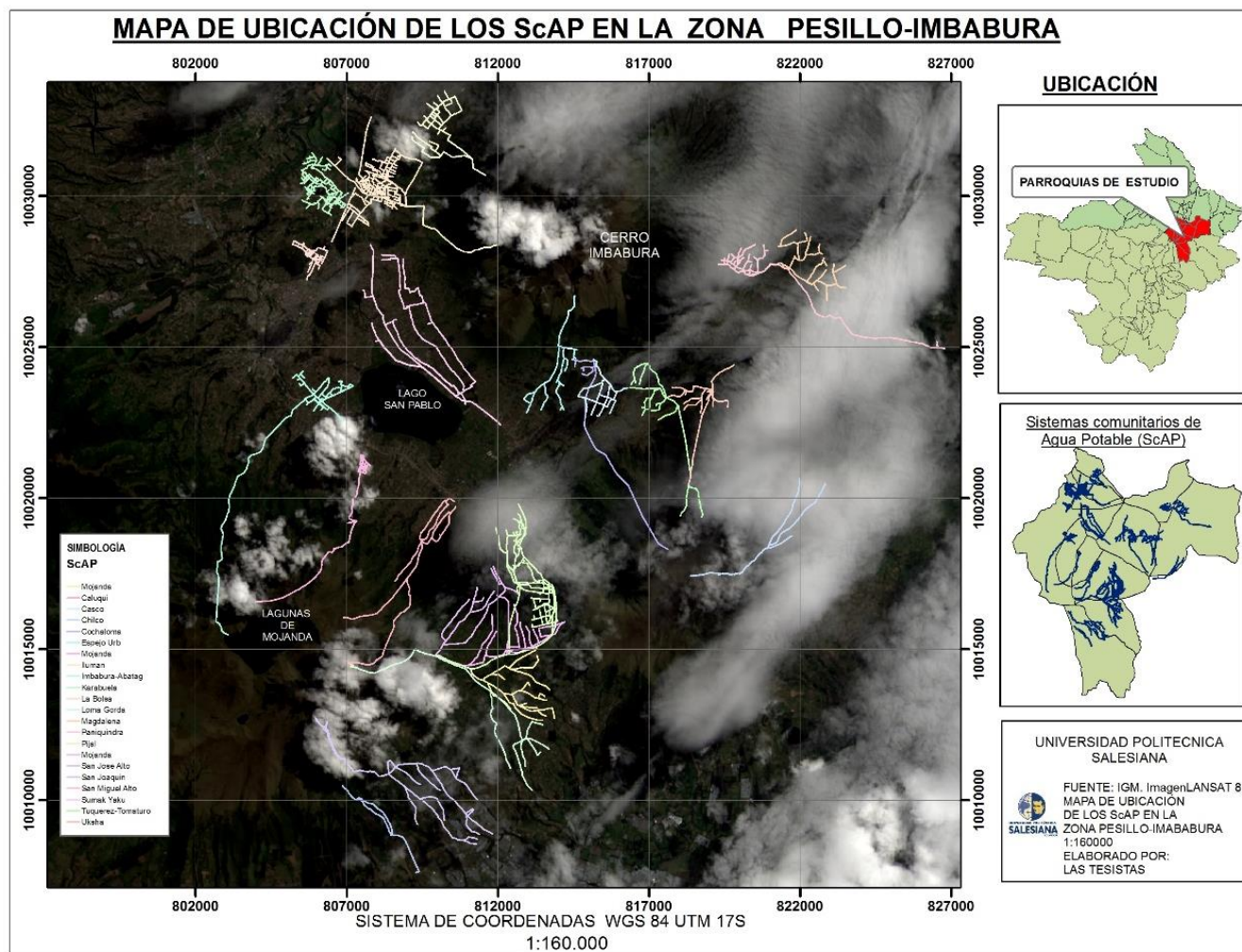
(CONTINUA....)

ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO																									
SISTEMA	Tanque de filtración							Caseta de cloración					Sistema clorador				Reservorio/tanque de almacenamiento							PROMEDIO	ESTADO
	Sin filtraciones o fugas	Válvulas sin corrosión u oxidación	Tapas sanitarias sin corrosión u oxidación	Posee dispositivos de seguridad	Limpieza periódica	Total	%	Pintura en buen estado	Se encuentra techada	Posee dispositivos de seguridad	Total	%	Sin roturas	Limpieza periódica	Total	%	Sin filtraciones o fugas	Válvulas sin corrosión u oxidación	Tapas sanitarias sin corrosión u oxidación	Posee dispositivos de seguridad	Limpieza periódica	Total	%		
Cochaloma	X	X	X	X		4	80%		X	X	2	67%	X	X	2	100%	X			X	X	3	60%	61% R	
Túquerez-Tomaturro						0	0%		X	X	2	67%			0	0%	X		X	X	X	4	80%	49% M	
Ugsha						0	0%		X	X	2	67%			0	0%	X		X	X		3	60%	63% R	
Antonio Ante						0	0%		X	X	2	67%	X		1	50%	X			X	X	3	60%	59% M	
Eugenio Espejo						0	0%		X	X	2	67%	X	X	2	100%	X			X	X	3	60%	76% R	
Chilco	X	X		X	X	4	80%	X	X	X	3	100%	X	X	2	100%	X	X		X	X	4	80%	84% B	
Paniquindra-Magdalena	X	X	X	X		4	80%	X	X	X	3	100%	X	X	2	100%	X	X	X	X		4	80%	92% B	
Ilumán						0	0%	X	X	X	3	100%	X	X	2	100%	X	X		X	X	4	80%	95% B	
Imbabura Abatag	X	X	X	X	X	5	100%	X	X	X	3	100%			0	0%	X		X	X	X	4	80%	93% B	
Karabuela						0	0%		X	X	2	67%	X	X	2	100%	X			X	X	3	60%	76% R	
La Bolsa						0	0%		X	X	2	67%	X	X	2	100%	X			X	X	3	60%	76% R	
Loma Gorda	X	X	X	X		4	80%	X	X		2	67%			0	0%	X		X	X	X	4	80%	76% R	
Caluquí	X	X	X	X	X	5	100%	X	X	X	3	100%	X	X	2	100%	X		X	X	X	4	80%	84% B	
Mojanda	X			X		2	40%	X	X	X	3	100%			0	0%	X		X	X	X	4	80%	63% R	
San Miguel Alto	X	X		X	X	4	80%	X	X	X	3	100%	X	X	2	100%	X	X		X	X	4	80%	82% B	
Sumak Yaku						0	0%				0	0%	X	X	2	100%	X	X		X	X	4	80%	90% B	
San José Alto		X	X	X		3	60%	X	X		2	67%	X	X	2	100%	X	X		X	X	4	80%	75% R	
San Joaquín						0	0%		X	X	2	67%			0	0%	X			X	X	3	60%	42% M	

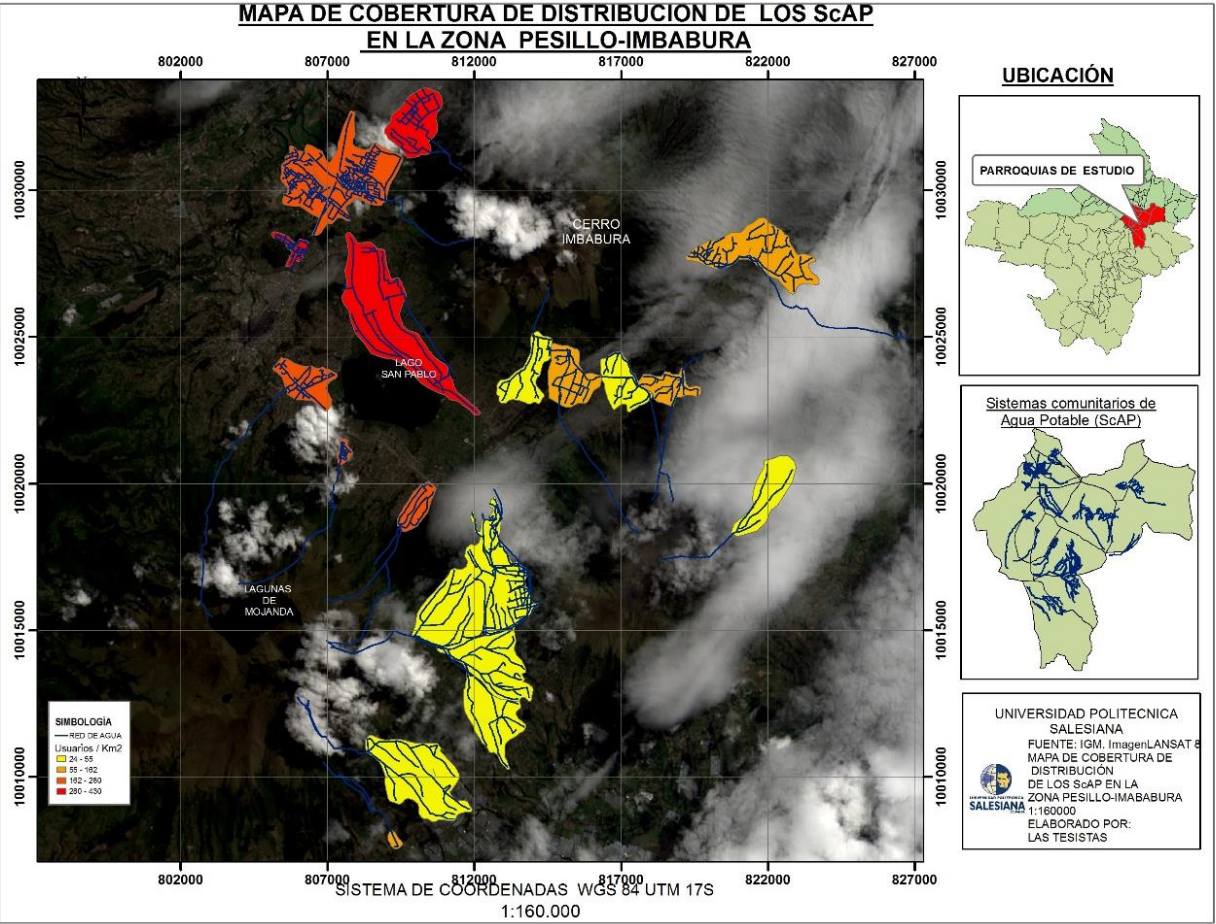
Anexo 10. Mapa de ubicación de las fuentes de agua en los ecosistemas de la zona Pesillo-Imbabura



Anexo 11. Mapa de ubicación de los ScAP en la zona Pesillo-Imbabura



Anexo 12. Mapa de la cobertura de la distribución de los ScAP en la zona Pesillo-Imbabura



Anexo 13. Mapa de los niveles de sostenibilidad de los ScAP

